

# DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

REVUE MENSUELLE

SEPTEMBRE 1958

Onzième année, N° 129

## SOMMAIRE

	Pages
J. de JUNNEMANN, <b>Les aspects modernes de la peinture sur plâtre. Le plâtre, support idéal et économique de la peinture.</b> . . . . .	943
Série : Aménagement intérieur (14)	
A. TARBOURIECH, <b>Les peintures de couche primaire dans la protection antirouille.</b> . . . . .	947
Série : Aménagement intérieur (15)	
L. CONTURIE, <b>La défense contre le bruit dans les constructions.</b> . . . . .	953
Série : Technique générale de la construction (25)	
J. COURBON, <b>Reconstruction du pont de Chazey sur la rivière d'Ain.</b> . . . . .	977
Série : Béton précontraint (28)	
T. JEAN-BLOCH, <b>La salle des sports de Mulhouse. Construction d'une grande voûte d'arête.</b> . . . . .	999
Série : Béton précontraint (29)	
L. HAHN, <b>L'usine Dunlop à Amiens. Sheds autoportants en béton armé.</b> . . . . .	1021
Série : Béton. Béton armé (48)	
<b>Documentation technique réunie en avril 1958.</b> . . . . .	1035
Documentation technique (129)	

### En supplément

VARIÉTÉS — ACTUALITÉS — INFORMATIONS (8) :

Laboratoires et Centre Expérimental  
du Bâtiment et des Travaux Publics

### NOTE D'INFORMATION

NI 37. — Le pavillon de la France. — Exposition de Bruxelles 1958

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES  
ET DE DOCUMENTATION TECHNIQUE

6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS (XVI<sup>e</sup>)

LABORATOIRES DU BATIMENT  
ET DES TRAVAUX PUBLICS

12, RUE BRANCION, PARIS (XV<sup>e</sup>)

BUREAU SECURITAS

4, 6, RUE DU COLONEL DRIANT, PARIS (I<sup>er</sup>)

CENTRE D'INFORMATION ET DE  
DOCUMENTATION DU BATIMENT

100, RUE DU CHERCHE-MIDI, PARIS (VI<sup>e</sup>)

Édité par La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics

(Société à responsabilité limitée au capital de 3 000 000 F)

C. C. P. PARIS 8524-12

6, rue Paul-Valéry, PARIS-XVI<sup>e</sup>

Tél. : KLÉber 48-20



# JOURNEES INTERNATIONALES DE CHAUFFAGE, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT DE L'AIR

Paris, mai 1959

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics organise, les 25, 26 et 27 mai 1959, trois Journées de conférences consacrées au Chauffage, à la Ventilation et au Conditionnement de l'Air, qui seront précédées les 22 et 23 de visites d'installations thermiques en Bourgogne et dans la région lyonnaise.

La première journée de conférences sera consacrée à des exposés de représentants de différents pays sur le chauffage et la ventilation des écoles. La seconde journée sera consacrée au chauffage au gaz (gaz naturel en particulier) et, ainsi que la troisième journée, à la présentation des résultats des différentes études et recherches françaises.

Pour tous renseignements s'adresser à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6, rue Paul-Valéry, Paris, 16°.

VIENT DE PARAÎTRE

## SPÉCIFICATIONS U. N. P.

### DES PRODUITS DE PEINTURE UTILISÉS DANS LES TRAVAUX DE BATIMENTS

Une cinquième série de Spécifications U.N.P. des Produits de Peinture utilisés dans les travaux de bâtiment a été établie par l'Union Nationale des Peintres-Vitriers de France et la Fédération Nationale des Fabricants de Peintures.

Ces spécifications constituent un complément à celles qui ont paru en octobre 1950, en juin 1954, en mai 1955 et en novembre 1956; elles se présentent également sous la forme de fascicules séparés et leur numérotage permet de les intégrer à leur place logique dans le cartonnage extensible qui contient déjà la série des spécifications d'octobre 1950, juin 1954, mai 1955 et novembre 1956.

Cette publication est mise en vente au prix de 200 F l'exemplaire, frais d'expédition : 12 F. Adresser les commandes à la Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6, rue Paul-Valéry, PARIS XVI°, C.C.P. PARIS 8524-12.

#### TABLE DES MATIÈRES DE LA PUBLICATION 1957

Liste des spécifications U.N.P. (octobre 1950, juin 1954, mai 1955, novembre 1956 et décembre 1957).

Modifications à apporter aux quatre premières séries des spécifications des produits de peinture (modifie les spécifications U.N.P. n°s 0040, 0070, Essais et échantillonnage 0501, 0706, 0901, 0902, 0903, 1421, 1422).

Spécification U.N.P. 0050 A — Blancs broyés à l'huile de lin, (remplace la spécification U.N.P. 0050 d'octobre 1950).

Spécification U.N.P. 0951 — Peinture pour radiateurs (température du fluide à l'intérieur du radiateur 80° C) — mat satinée ou brillante — blanche ou ton pastel — couche primaire, intermédiaire et de finition (catégorie D ou E).

## MANUEL DES INDUSTRIES THERMIQUES

CHAUFFAGE, FUMISTERIE, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT D'AIR (Tome I)  
COMITÉ SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE L'INDUSTRIE DU CHAUFFAGE ET DE LA VENTILATION

Depuis longtemps les techniciens français du chauffage, de la ventilation et du conditionnement de l'air désiraient posséder une " bible technique " analogue aux guides publiés aux U.S.A., en Allemagne et en Grande-Bretagne. Répondant à ce désir, le présent ouvrage, qui comprendra trois tomes, met à leur disposition l'outil de travail le plus utile. Pour chaque paragraphe de l'ouvrage, a été fait un choix des données les plus importantes, mais aussi les plus sûres, et les données incertaines ont été systématiquement exclues.

— Extraits de la table des matières du tome I : Généralités. Terminologie, unités, symboles. Notions de thermodynamique. Mécanique des fluides. Transmission de chaleur. Physiologie. Thermique des bâtiments. Infiltrations, ventilation naturelle. Déperditions. Charges frigorifiques. Combustibles, combustion et source de chaleur. Brûleurs, avant foyers, alimentation en combustible. — Chaudières. Générateurs d'air chaud.

Dunod, éditeur (1958). — Un volume 15 x 24 - 369 p., nombreuses figures.

En vente au prix de 4 600 F (franco port : 4705 F)  
à la Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6, rue Paul-Valéry, PARIS-16°. — C.C.P. Paris 8524-12



Série : AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR (14)

JOURNÉES-EXPOSITION DE LA PEINTURE

du 28 février au 9 mars 1958

Conférences présentées sous le patronage de  
L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SOUS LA PRÉSIDENCE DE **M. CHUAT**,  
Président du Syndicat National des Fabricants de Plâtre de France

## II

# LES ASPECTS MODERNES DE LA PEINTURE SUR PLÂTRE LE PLÂTRE, SUPPORT IDÉAL ET ÉCONOMIQUE DE LA PEINTURE

par **M. J. de JUNNEMANN**

## RÉSUMÉ

Le plâtre étalé traditionnellement ou projeté mécaniquement permet de constituer soit des surfaces parfaitement planes soit des moulures très compliquées avec une grande rapidité de prise et de durcissement. Il a la propriété de respirer et d'absorber l'humidité en excès dans l'atmosphère puis de la restituer dans une ambiance sèche, pourvu que la peinture qui le recouvre soit à film discontinu. Toutefois, sa mise en œuvre exige de lui incorporer plus de 80 % d'eau, dont moins de 20 % sont combinés chimiquement pendant la prise. L'excédent doit être éliminé si l'on veut assurer la tenue de la peinture. Ce problème du séchage du plâtre s'obtient soit par l'évaporation naturelle soit avec le concours de braseiros, de radiations infrarouges ou de déshumidificateurs.

Enfin il est signalé que l'adhérence de la peinture exige une certaine porosité de l'enduit de plâtre et que les retardateurs de prise peuvent avoir une action défavorable.

## SUMMARY

Plaster applied in the traditional manner or by spray gun makes it possible to realize both perfectly surfaces and highly complicated mouldings, and as the advantage of setting and hardening rapidly. It has characteristic breathing properties and can absorb excess humidity in the atmosphere and release this moisture when the atmosphere is dry, provided the paint cover is discontinuous. However, its application requires more than 80 % water, less than 20 % of which combines chemically with the plaster during the setting. Excess moisture must accordingly be eliminated if one wishes to avoid deterioration of paint. This problem of plaster drying can be solved either by natural evaporation or by the use of braziers, infra-red heating or dehumidifiers.

It is also to be noted that the adhesion of paint demands a certain porosity of the plaster coating and that setting retarders may have an unfavourable effect.

*Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.*



## EXPOSÉ DE M. J. DE JUNNEMANN

Ingénieur aux Établissements Poliet et Chausson.

Le temps, extrêmement restreint, qui m'est imparti pour vous parler de ce matériau — universellement connu — : *le Plâtre*, ne me permettra pas d'approfondir, comme je l'aurais voulu, le côté technique du problème, qui relie, d'un façon étroite, les enduits à base de ce matériau et la peinture. De nombreux auteurs en ont d'ailleurs déjà longuement parlé, et je crains un peu de répéter ce qu'ils ont dit.

Je me contenterai, par conséquent, d'un tour d'horizon rapide sur le rôle du plâtre comme support idéal — et économique — de la peinture.

Quelques critiques ont été formulées, au cours de ces dernières années, à l'encontre du plâtre — (telles que : lenteur de séchage et malpropreté des chantiers) — et certains maîtres de l'œuvre ont proposé des produits de remplacement. Mais le plâtre est comme ces enfants terribles qui possèdent quelques défauts mais beaucoup de qualités, et l'expérience montre que celles-ci l'emportent largement sur ceux-là. Aussi, n'avons-nous pas à en faire la réhabilitation. Il s'en passe d'ailleurs fort bien, et la courbe, toujours croissante, de sa consommation, est la meilleure réponse aux griefs qui sont formulés à son égard.

Ajoutons tout de suite que le sort de la peinture est en partie lié à celui du plâtre, qui en constitue le principal support, et qu'une diminution de la consommation de ce dernier entraînerait fatalement une diminution correspondante de celle de la peinture. Il en serait ainsi, par exemple, par l'adoption, en remplacement du plâtre, d'enduits plastifiés ou d'éléments préfabriqués émaillés, de très longue durée, qui ne possèdent d'ailleurs pas les qualités d'hygiène, d'isolation acoustique et thermique du plâtre. Les champs magnétiques susceptibles de se manifester dans des pièces ainsi équipées, le ruissellement de l'humidité sur des parois qui ne peuvent « respirer », sont souvent la cause, ignorée du public, de l'apparition ou de l'aggravation d'affections diverses, dont les rhumatismes en particulier, et cette observation a son intérêt à une époque où ceux-ci sont à l'ordre du jour.

L'usage des enduits de plâtre comme support de la peinture remonte à la plus haute antiquité. Pupil et Voituriez, entre autres, en ont fait des études magistrales, et en faire une énumération complète serait fastidieux. Nous référant à ces auteurs, nous rappellerons, en allant de l'antiquité à la période contemporaine :

— En Égypte, les décorations de salles funéraires des Pyramides (celles de Memphis, entre autres), dont les plus anciennes remontent à près de 3 000 ans avant Jésus-Christ, celles des temples et monuments publics, dont on retrouve des vestiges remarquables, tout particulièrement sous les XII<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> dynasties ;

— La Grèce, dont les bas-reliefs de Knossos, dans l'île de Crète (XVI<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ), Chypre, l'Empire Byzantin, la Phénicie, la Syrie, et, d'une façon générale, tout le Moyen-Orient, ont fait une véritable débauche de peinture sur plâtre.

— Les Romains, de leur côté, en ont également fait un large usage, et tout le monde connaît les fresques retrouvées à Herculaneum et Pompéi.

— Plus près de nous, nous trouvons les œuvres magistrales des grands peintres de la Renaissance (fresques du Vatican, avec Raphaël et Michel Ange), les décorations du Louvre, telles que celles de l'appartement d'été d'Anne d'Autriche, par Romanelli, celles de la Galerie Mazarine, ... et j'en passe.

Enfin de nos jours, la peinture sur plâtre est de pratique courante, et c'est l'objet de notre causerie d'aujourd'hui.

Il existe toutefois une différence essentielle entre la peinture ancienne et la peinture moderne.

Autrefois, on ne connaissait que la peinture à la détrempe, à l'eau ou à l'huile, dont le film discontinu permettait au plâtre de « respirer », ce qui diminuait les risques de décollement ou d'écaillage des motifs de décoration.

Actuellement, et de plus en plus, on utilise des peintures à base de résines synthétiques, dont beaucoup donnent un film continu, appliquées sur des enduits de plâtre pur — (c'est le cas en France notamment) — Ceci exige, comme nous le verrons plus loin, un enduit parfaitement sec, avant l'application de ce genre de peinture.

### Avantages du plâtre.

Quels sont les avantages du plâtre ?

Comparé à d'autres produits de revêtement, le plâtre, matériau naturel et abondant, n'exige pas une mise en œuvre compliquée. Sa prise et son durcissement sont rapides, et sa finition s'effectue très peu de temps après son application. On arrive ainsi à obtenir des surfaces parfaitement planes sur des subjectiles d'allure souvent très tourmentée.

Il se prête, de plus, à l'exécution des moulures les plus compliquées.

Une qualité importante du plâtre sec réside dans le pouvoir qu'il possède d'absorber l'humidité en excès dans l'atmosphère et de la restituer dans une ambiance sèche, et cela sans nuire à sa qualité intrinsèque. M. Croiset, au cours des essais qu'il a effectués au *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*, estime que ce « pouvoir absorbant » est de l'ordre du décilitre par mètre carré. Cette particularité est importante pour les cuisines ou salles d'eau, par exemple. Mais il est bien entendu que, dans ce cas, la nature de la peinture adoptée doit permettre cette « respiration » ; les peintures à l'huile, les émulsions, à film discontinu, sont donc indispensables dans ce cas.

Enfin, il est un point de vue qui n'est pas négligeable ; c'est le bas prix de revient des enduits en plâtre, malgré les salaires élevés de la main-d'œuvre plâtrière.

Ceci m'amène à ouvrir une parenthèse ; vous n'ignorez pas la tendance de plus en plus marquée, qui s'est fait jour au cours de ces dernières années, pour le plâtre pur projeté mécaniquement. Je n'ai malheureusement pas le temps d'entrer dans le détail de ce procédé, extrêmement séduisant. Je vous donnerai seulement quelques chiffres :

— Par la méthode traditionnelle, on peut compter, en chiffres ronds, 2 m<sup>2</sup> d'enduit de 15 mm par heure d'ouvrier, avec une consommation d'environ 14 à 15 kg. de plâtre par mètre carré (y compris une perte de 15 à 20 %).

Les premiers essais qui remontent à 1952, avec la machine française Grieshaber, donnaient, comme chiffres correspondants, 6,5 m<sup>2</sup> d'enduit et 13, 5 kg. de plâtre par mètre carré (donc avec une perte réduite de près de moitié).

Les Syndicats des Entrepreneurs et des Fabricants de plâtre s'intéressent beaucoup à la question, et de nouveaux essais doivent être entrepris prochainement au C. S. T. B., avec des machines françaises, allemandes ou américaines, dont les per-



performances annoncées dépassent celles obtenues les années précédentes.

Un autre intérêt de ce procédé est l'emploi d'une main-d'œuvre non spécialisée et, par conséquent, moins chère.

Enfin, il faut souligner l'homogénéité de l'enduit ainsi réalisé et sa densité accrue, par suite de la projection et de la quantité d'eau nécessaire sensiblement réduite, cette dernière condition ayant comme conséquence un raccourcissement du délai de séchage de l'enduit.

Nous en arrivons maintenant aux :

### Conditions que doivent remplir les enduits vis-à-vis de la peinture

ce qui nous ramène à notre sujet.

## Séchage.

L'ennemi n° 1 de la peinture, c'est l'eau contenue dans l'enduit. Pour que la peinture puisse s'accrocher et pour éviter les décollements ou les cloquages, il faut que l'enduit soit pratiquement sec (5 à 6 % d'eau maximum).

Le retour d'un plâtre de bâtiment (de composition courante) à l'état de double hydrate ne nécessite théoriquement que très peu d'eau : moins de 20 %. Mais, pour pouvoir le mettre en œuvre, 80 et jusqu'à 100 % d'eau environ sont indispensables. C'est donc 60 à 80 % d'eau qu'il est nécessaire d'éliminer pour l'amener à l'état de siccité complète. Rapportée à une pièce d'habitation de 50 m<sup>2</sup> d'enduit de 15 mm, cette teneur représente, en chiffres ronds, 400 à 600 l d'eau, ce qui est considérable. Notons, entre parenthèses, qu'il faut ajouter encore à ce chiffre : l'humidité du gros œuvre (maçonnerie, subjectile), les infiltrations éventuelles amenées par le sol, etc...

## Durée et procédés de séchage.

Dès que les plâtres sont posés, le propriétaire du nouveau logement n'a qu'une hâte : celle d'emménager.

Le peintre, alors, se trouve devant un cas de conscience embarrassant : donner satisfaction le plus rapidement possible à son client et risquer de graves ennuis, ou bien ménager ses intérêts professionnels.

La durée du séchage naturel est très variable, suivant les conditions climatiques : hygrométrie de l'air, temps chaud ou froid, vent, etc...

Nous vous rappelons, en prenant par exemple deux cas extrêmes : une journée sèche d'été et une journée humide d'automne, que, pour une température de + 25° et une hygrométrie de 50 %, 1 m<sup>3</sup> d'air est capable d'absorber (en se tenant en dessous du point de rosée, bien entendu) 11 g d'eau environ, et, pour + 5° et une hygrométrie de 80 %, 2 g seulement. Le volume de la pièce, la vitesse de renouvellement de l'air, le volume total et l'épaisseur de l'enduit étant supposés identiques, on pourrait en inférer que l'enduit, dans le premier cas, séchera environ cinq fois plus vite que dans le second. On pourrait donc croire, *a priori*, qu'un calcul simple permet de déterminer la durée de ce séchage : il n'en est malheureusement pas ainsi, car trop de facteurs, qui ne s'y soumettent pas, entrent en jeu, tels que la compacité, l'irrégularité de l'épaisseur de l'enduit, la répartition de l'eau dans le mur et les lois encore imparfaitement connues dans lesquelles s'effectue l'évaporation.

De plus, la nature du plâtre, la porosité plus ou moins grande des enduits, jouent également un rôle non négligeable dans cette opération.

Enfin, il faut tenir compte des facteurs imprévus, tels que le manque d'étanchéité des toitures et des murs de maçonnerie, entre autres.

De tout cela il résulte que l'intervalle de temps nécessaire — en ventilation naturelle — entre les travaux de plâtrerie et ceux de peinture, est très variable et peut aller de quelques semaines à plusieurs mois, dans les conditions les plus défavorables.

On comprendra immédiatement que les entrepreneurs, cédant à l'impatience de leur clientèle, cherchent à abréger cette période.

La méthode classique — la moins expéditive mais la plus simple — consiste dans l'installation de braseros et l'évacuation de l'humidité par les baies largement ouvertes ; beaucoup d'usagers estiment que c'est encore la plus efficace et la moins chère. Elle présente l'avantage d'éviter la dessiccation trop rapide du plâtre, les températures trop élevées (qui doivent de toute façon toujours rester inférieures à 55/60° sur l'enduit) génératrices de décollements, par suite de formation de vapeur.

D'autres procédés, fort ingénieux d'ailleurs, ont vu récemment le jour. J'en nommerai trois, et ne ferai que les citer, ne possédant pas de renseignements statistiques suffisants à leur égard :

— les rayons infra-rouges, capables, paraît-il de sécher 2 m<sup>2</sup> à l'heure.

Nous ignorons encore toutefois l'effet de cette action sur le processus de cristallisation du plâtre.

— les appareils déshumidificateurs à condensation, dont le principe est de faire circuler l'air de la pièce fermée sur des produits desséchants (acide sulfurique, gels de silice, etc...).

Les promoteurs de ce système prétendent obtenir un plâtre sec en vingt jours seulement.

— les appareils à « point de rosée » fonctionnant — également en enceinte close — à la manière d'un réfrigérateur.

Rappelons que, quel que soit le procédé utilisé, il y a intérêt à laisser le plâtre sécher naturellement pendant une ou deux semaines au moins, ce laps de temps constituant le minimum nécessaire pour permettre au sulfate anhydre contenu dans ce dernier de cristalliser normalement et progressivement.

Existe-t-il des moyens de se rendre compte de l'état de siccité d'un enduit ? Nous répondrons en Normand : peut-être oui, peut-être non !

N'oublions pas qu'un plâtre peut paraître sec, alors que la partie adhérente au subjectile est encore humide ; que de l'eau, provenant de ce dernier et du gros œuvre, peut encore arriver lentement et venir réhumidifier la surface après l'application de la peinture.

Il faut donc étudier chaque cas en particulier, et tenir compte de toutes ces incidences.

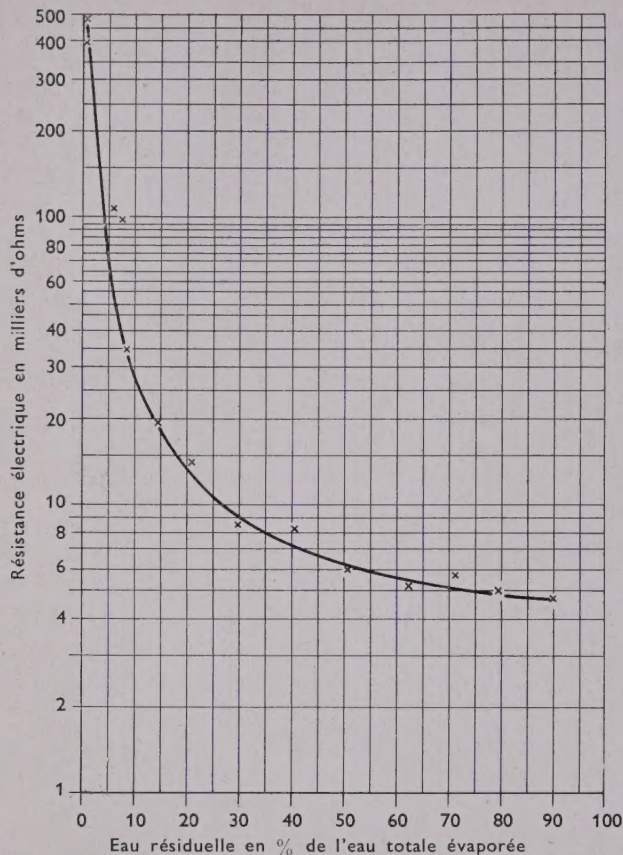
Le compagnon plâtrier a ses tests particuliers : il tâte le mur, il le sent ; il possède une intuition de métier que des appareils ne sauraient montrer.

L'emploi de papier filtre, à base de sels divers (tournesols, cobalt, etc...) n'est valable que pour la partie superficielle de l'enduit et l'endroit contrôlé.

Une méthode plus technique consiste à mesurer les variations de la résistance électrique des enduits, en fonction de leur humidité résiduaire. Nous avons effectué des mesures de ce genre, il y a quelques années, et obtenu la courbe ci-jointe. D'autres chercheurs ont eu une idée identique et imaginé même des appareils portatifs permettant de faire des mesures *in situ*. Nous n'avons pas de renseignements suffisants sur les résultats pratiques de chantier.

On pourrait imaginer bien d'autres systèmes, tels que, par exemple, la relation qui existe entre la résistance d'un plâtre et son degré d'humidité. Il serait possible alors d'exécuter un billage sur place. Nous avons en cours une série





d'essais, dont on pourrait peut-être déduire une courbe susceptible d'être interprétée utilement, dans une certaine mesure. Mais nos essais sont encore trop peu avancés pour que nous puissions en tirer une conclusion valable aujourd'hui.

Que faut-il conclure de tout ce qui précède? Au risque de nous répéter, nous dirons : attendre au moins huit à quinze jours en séchage naturel, avant d'utiliser un des procédés ci-dessus, et ... faire preuve de patience.

Mais cette dernière, toutefois, peut être réduite au minimum grâce à un planning rigoureusement suivi; nous insistons beaucoup sur ce point. Nous pouvons vous citer les résultats obtenus par une très importante entreprise dans la construction d'un groupe d'immeubles de 207 logements à Paris :

1° Le planning a prévu dès que possible l'intervention de plâtriers, à tel point qu'ils en étaient au second étage, alors qu'on coulait encore le plancher du cinquième; la pose des enduits a été minutieusement réglée par rapport aux travaux du gros œuvre;

2° L'équipe de plâtriers a observé le planning et exécuté les enduits rapidement, correctement et proprement.

3° La précaution avait été prise d'approvisionner dans les sous-sols, dès qu'ils ont été hors d'eau, une grande partie du plâtre nécessaire.

Il serait souhaitable que cet exemple soit suivi.

## Porosité.

La bonne adhérence d'une peinture sur un enduit de plâtre sec est fonction, en grande partie, de la porosité de ce dernier. Celle-ci, à son tour, est en relation directe avec la quantité d'eau de gâchage, et peut aller, d'après différents auteurs, de 15 à 60 %. Par contre, un plâtre trop compact ou trop lisse peut nuire au bon accrochage du film d'impression ou de peinture. Ce juste milieu semble d'ailleurs atteint, pour les gâchages courants, entre 70 et 100 %.

## Cas des retardateurs.

Le Syndicat des Fabricants de Plâtre, dans une note parue en 1956, prohibe formellement l'emploi sur chantier de retardateurs en général et de certains retardateurs minéraux en particulier. Tels sont les phosphates, superphosphates, chlorures, nitrates, etc...

Ces composés ont presque toujours une action défavorable sur la peinture :

- ils entraînent le manque d'adhérence;
- ils peuvent provoquer des cloquages;
- des réactions chimiques avec de la peinture peuvent en altérer la teinte;
- en présence d'humidité, ils favorisent la prolifération des champignons (en particulier les phosphates).

## Les peintures actuelles.

Avant toute peinture, l'enduit de plâtre doit être suffisamment nourri par une couche d'impression, pour permettre une bonne adhérence de la peinture.

Celle-ci doit être adaptée au but que l'on se propose.

Si l'on désire que le plâtre puisse encaisser des variations d'humidité venant de l'extérieur, il faudra avoir recours, soit aux peintures à la détrempe, à certains types à l'huile mate au ciment, silicatées, ou encore à certaines peintures plastiques émulsionnées.

La qualité intrinsèque de la peinture joue également un rôle dont il faut tenir compte, d'où l'importance du planning dans le devis d'exécution; il faut éviter que ce dernier, réduit à l'extrême pour des questions de restriction de crédit, n'oblige l'entreprise à utiliser des peintures de catégories différentes répondant moins bien au but poursuivi.

Je vous signale à cette occasion deux ouvrages considérables et remarquables à tous points de vue, le vade-mecum de tous ceux qui s'intéressent à ce problème : « La peinture en bâtiment » — « Prescriptions techniques », composé par une élite de professionnels, fabricants et utilisateurs de peinture, édité sous l'égide du Centre d'Information et de Documentation du Bâtiment, ainsi que les Tableaux Synoptiques de Peintre publiés dans Travaux de Peinture en mai 1957.

Je pense également aux savants, tels que MM. Rabat, Tarbouriech, Pupil, Voituriez, et tous ceux que je m'excuse de ne pas citer, dont les noms dominent le problème de la peinture.

J'ai voulu simplement, par ce court exposé, essayer de vous persuader que le plâtre a été, est encore, et sera toujours, le support idéal de la belle peinture.

(Reproduction interdite)



SEPTEMBRE 1958

Onzième Année, N° 129

*Série : AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR (15)*

JOURNÉES-EXPOSITION DE LA PEINTURE

du 28 février au 9 mars 1958

*Conférences présentées sous le patronage de*  
L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SOUS LA PRÉSIDENTENCE DE **M. BAUDET,**Président de la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Peinture et Vitrierie de Paris  
et du Département de la Seine

## III

LES PEINTURES DE COUCHE PRIMAIRE  
DANS LA PROTECTION ANTIROUILLEpar **M. A. TARBOURIECH**

## RÉSUMÉ

Le rôle de la peinture pour couche primaire dépend de nombreux facteurs et en particulier de l'état de surface du métal, des dégradations physiques et chimiques auxquelles elle reste exposée avant d'être recouverte, enfin des conditions de mise en œuvre et de la nature des peintures de recouvrement.

Ces peintures détiennent leurs propriétés soit de leur liant, cas des peintures à base de pigments ferriques ou aluminifères, soit de leurs pigments passivants, lamellaires ou anodiques (chromate de zinc, poudre d'aluminium ou poudre de zinc) soit de la combinaison imperméable pigment-liant, cas des peintures à base de pigments plombifères.

L'expérience montre que ces peintures se comportent différemment les unes des autres et correspondent à des exigences bien déterminées.

## SUMMARY

The effectiveness of paints for prime coating depends on numerous factors and, in particular on the surface condition of the metal, on physical and chemical damage to which it was exposed before being covered and, lastly, to the conditions of application and the nature of the paint utilized.

The properties of these paints are determined either by their binders as in the case of ferrous or aluminiferous paints, by their inert, lamellate or anodic pigments (zinc chromate, aluminium or zinc powder) or by an impervious pigment-binder combination, as in the case of lead base paints.

Experience has shown that these paints react differently and may be used to satisfy well-defined requirements.

*Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.*



## EXPOSÉ DE M. A. TARBOURIECH

Ingénieur au Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics.

### I

Nul n'ignore l'importance de la couche primaire dans la protection antirouille et c'est de prime abord enfoncer une porte ouverte que d'en vouloir parler.

Cependant, combien de fois n'avons-nous entendu cette interrogation : « doit-on utiliser en primaire une peinture au minium de plomb, une peinture au rouge de fer ou une peinture au chromate de zinc ? » ou bien encore : « peut-on remplacer une peinture au minium de plomb par une peinture à la poudre de zinc ? » Dans le cas général, il n'y a aucune possibilité de trancher la question et on n'a pas le droit de mettre en vedette une de ces peintures, en condamnant irrémédiablement toutes les autres.

On sait en effet, mais trop souvent on l'oublie, qu'il n'y a pas de panacée en peinture. Les produits X ou Y n'ont pas de valeur intrinsèque et leur efficacité est régie par des conditions d'utilisation bien définies. C'est ce que cet exposé va essayer de montrer. La nature de la peinture pour couche primaire destinée tôt ou tard à être recouverte dépend de quatre facteurs essentiels :

- A. — L'état de surface du métal à protéger : ici il s'agit de fer ou d'acier.
- B. — Les conditions climatiques ou les agents agressifs particuliers qu'elle subira avant d'être recouverte.
- C. — Les conditions de mise en œuvre de la peinture.
- D. — La nature des peintures de recouvrement.

### A. ÉTAT DE SURFACE DE MÉTAL

C'est le facteur le plus important dans la protection antirouille. Là encore, il nous faut répéter qu'un revêtement ne peut protéger efficacement le support métallique que si ce dernier est exempt d'écailles, de laminage (calamine), de rouille, de graisses, et autres salissures.

Nous constatons pourtant que l'ignorance ou des considérations commerciales empêchent le plus souvent la mise en état correcte des surfaces métalliques à peindre. Nous verrons à la fin de cet exposé que des solutions de pis-aller permettent de s'accommoder mieux, nous devrions dire moins mal, que d'autres de surfaces non décapées, mais nous ne perdrons pas de vue que ce sont des solutions désespérées de rattrapage. En aucune façon, elles ne pourront excuser des infractions aux règles de l'art et de la technique.

Sans entrer dans le détail, nous rappellerons les différents modes de décapages.

**1° Décapages physiques.** Le brossage soigné, le sablage qu'il soit fait au jet de sable sec ou humide, le grenailage, le décapage au chalumeau (oxy-acétylénique).

**2° Décapages chimiques.** Il sont généralement conduits en bains successifs soigneusement dosés. Ces traitements supposent des éléments métalliques non encore assemblés et de dimensions relativement restreintes.

Quelle que soit la nature du décapage, le métal est tantôt recouvert directement par la couche primaire, tantôt passivé par des phosphatants plus ou moins inhibiteurs de rouille ou protégé par un Wash-primer.

Ces deux dernières opérations nécessitent également une peinture de couche primaire.

Signalons que dans le cas des phosphatations, une acidité résiduelle, c'est-à-dire de l'acide phosphorique libre, non transformé en sels métalliques présente des incompatibilités avec certaines peintures à base de minium de plomb par exemple.

Lorsque la surface est décapée comme nous venons de le voir et si nous écartons toutes les causes d'incompatibilité, il est impératif de recouvrir le métal le plus rapidement possible de la couche primaire. C'est elle qui va désormais supporter tout l'édifice de la protection.

### B. LES CONDITIONS CLIMATIQUES OU LES AGENTS AGRESSIFS PARTICULIERS QU'ELLE SUBIRA

Les intempéries, ruissellements, condensations, embruns, fumées d'usines ainsi que les sévices de toutes sortes, éraflures, chocs provoqués par l'empilage, le transport, les manipulations sur chantier, les souillures de plâtre, de ciment, voire même d'urine sont autant d'agents destructeurs qui conditionnent la résistance de la peinture et son délai de recouvrement. Certaines nécessitent une période de durcissement de plusieurs semaines tandis que d'autres sèchent en quelques heures et commandent un achèvement rapide de la protection. Tous ces facteurs souvent contradictoires auront donc en principe présidé au choix de cette couche primaire.

### C. LA FAÇON D'APPLIQUER LES PEINTURES

Plusieurs méthodes s'offrent à nous pour l'application : la brosse, le rouleau, le trempé, le pistolet. Les trois derniers procédés sont particulièrement valables lorsqu'il s'agit seulement d'habiller des objets ou des surfaces en vue d'un effet décoratif, mais ne perdons pas de vue que, dans le cas présent, seule la protection effective doit être recherchée. Dans ces conditions l'application à la brosse constitue le seul moyen efficace d'obtenir un parfait accrochage sur le support, en lui déposant un élément filmogène d'épaisseur convenable.

Nous connaissons mal le mécanisme d'adhérence des peintures mais l'expérience des praticiens nous montre que si le trempé et le rouleau permettent d'obtenir des films épais comme dans le cas de la brosse, le mouillage du métal est d'autant plus insuffisant que sa surface est plus irrégulière. Quant au pistolet, il ne permet pas d'obtenir le contact intime du support avec la peinture et de plus, il ne dépose si l'on n'y prend garde, que des films d'une minceur extrême.

Le travail à la brosse oblige la peinture à suivre fidèlement les moindres accidents topographiques du métal. L'épaisseur du film même dans les cas défavorables ne peut descendre au-dessous de 20 microns, tandis qu'avec le pistolet, un voile de peinture peut atteindre quelques microns seulement. Serons-nous satisfaits pour autant ? Non et l'expérience nous montre qu'une épaisseur de 20 microns est encore insuffisante. Nous bannirons donc toute dilution arbitraire de la peinture par l'applicateur, tandis que ce dernier devra éviter de travailler exagérément la peinture avec la brosse pour amincir son film.

On devrait s'abstenir de parler de rendement en surface d'une peinture de couche primaire puisque celle-ci doit, après séchage, laisser un film épais de 30 à 40 microns.

Nous verrons d'ailleurs plus loin que le marché nous offre actuellement une gamme variée de peintures pour couche primaire, nous permettant de résoudre dans la majorité des cas nos problèmes particuliers de protection.



## D. NATURE DES PEINTURES DE RECOUVREMENT

Nous supposons que les choses se sont bien passées jusqu'ici. Le métal décapé a reçu une première couche convenable et le peintre doit présentement la recouvrir après avoir observé un délai optimum de séchage. Où va se porter son choix pour exécuter les finitions? En réalité de cette façon le problème est mal posé, car on devrait toujours décider non seulement de la couche primaire, mais de l'ensemble du système multicouche. S'il en est ainsi dans la protection des ouvrages d'art, il en est tout autrement dans le bâtiment. En admettant cependant que le peintre connaisse la nature de la couche primaire, il est une règle générale qui lui permettra d'éviter des accidents : on doit toujours appliquer les unes sur les autres des peintures de même catégorie, c'est-à-dire confectionnées avec des liants de même famille. On ne devra pas recouvrir des peintures à l'huile avec des peintures au caoutchouc chloré pas plus d'ailleurs qu'avec des peintures glycérophthaliques courtes en huiles. Des peintures bitumineuses ne pourront être recouvertes avec des peintures à l'huile, etc., etc... De même la teinte souvent foncée des couches primaires obligera le peintre à mettre une couche supplémentaire pour réchampir en ton pastel. C'est pour cette raison, et nous insistons sur ce fait, qu'il serait souhaitable de voir préciser dans tous les cahiers des charges que le système de protection complet doit être homogène.

Combien de fois voyons-nous le peintre contraint d'appliquer la peinture du fournisseur X sur celle du fournisseur Y sans souci de ce qu'il va en advenir?

## II

C'est à la lueur de ces différents facteurs auxquels est soumise la couche primaire que nous allons entrer dans le détail de quelques-unes de ces catégories de peintures.

### A. PEINTURES A BASE DE PIGMENTS PLOMBIFÈRES

Elles ont toutes un point commun : l'élément filmogène est formé d'un complexe liant gras-composé plombifère basique. En effet, qu'il s'agisse d'une peinture classique au minium de plomb, d'une peinture à la cyanamide de plomb, à la poudre de plomb, ou au sulfate basique de plomb, il y a toujours combinaison des oxydes basiques de plomb avec des acides gras pour constituer en quelque sorte un savon métallique plastique imperméable. Mais, nous direz-vous, on peut faire des peintures à base de composés plombifères avec d'autres liants. C'est bien évident, cependant ces peintures, d'ailleurs peu répandues, ne sont pas comparables aux précédentes du fait que le liant ne se combine pas avec un élément du pigment. Des peintures au caoutchouc chloré plombifères ne se distingueront pas sensiblement en efficacité des peintures au caoutchouc chloré contenant des oxydes de fer par exemple.

La gamme des liants va de l'huile de lin crue aux huiles styrénées et aux vernis oléoglycérophthaliques en passant par les huiles cuites et les standolies.

La grande imperméabilité des films permet de les abandonner plusieurs semaines aux intempéries. Ce délai doit être observé particulièrement dans le cas des peintures au minium de plomb à l'huile de lin, le durcissement en profondeur ne s'effectuant que très lentement. Pour les liants oléorésineux, le séchage est plus rapide et permet un recouvrement au bout de vingt-quatre heures.

C'est dans cette famille que l'on trouve des peintures hydro-répulsives (water-repellent) qui peuvent être appliquées sur des surfaces humides. Le liant gras est modifié par l'adjonction de résines spéciales, on lui incorpore un élément tensio-actif cathionique qui permet l'accrochage sur tôle mouillée. Ces

propriétés peuvent être mises aisément en évidence sur des tôles sablées préalablement mouillées avec une solution aqueuse de « Teepol ». On applique la peinture à la brosse, au contact du métal, le pinceau chargé de peinture chasse l'eau devant lui, la peinture s'accroche et par un phénomène de suage, élimine l'humidité qui pouvait se trouver sous elle. Dans le cas des peintures à la poudre de plomb, la présence d'humidité semble favoriser la combinaison du pigment métallique avec le liant. Ces peintures sont compatibles avec des peintures de même famille. Signalons un grave défaut de ces peintures : elles restent longtemps sensibles aux manipulations, chocs, frottements, éraflures.

### B. PEINTURES A BASE DE PIGMENTS FERRIFÈRES ET ALUMINIFÈRES

Dans cette catégorie nous trouvons les peintures improprement dites « au minium de fer » ou « au minium d'aluminium ». Elles sont pigmentées avec des oxydes de fer (rouges de fer), des silicates de fer et d'aluminium. Nous ne parlerons pas ici des peintures à la poudre d'aluminium qui feront l'objet d'une étude spéciale. Dans le cas des liants gras et dérivés, on trouve, mais à un degré moindre la formation de savons par combinaison des acides gras et des oxydes. Ces peintures contiennent généralement une proportion de liant plus importante que les précédentes et leur qualité dépend essentiellement de celle du liant. Ces peintures sont compatibles avec les peintures de même famille, elles sont généralement moins sensibles aux manipulations que les précédentes.

### C. PEINTURES PASSIVANTES

Ces peintures tirent leurs propriétés des pigments qu'elles contiennent. Dans cette catégorie entrent les peintures au chromate de zinc, le film ne présente généralement pas une grande imperméabilité, mais le pigment sensible à l'eau agit comme passivant du métal. Ces peintures n'offrent à elles seules aucune résistance aux intempéries et elles doivent être recouvertes rapidement par un système complet. Une protection multicouche comprenant une couche primaire antirouille de cette catégorie retarde la propagation de la rouille en cas d'accidents tels que rayures ou éraflures exposant le métal à la corrosion.

Ces couches primaires présentent un grand intérêt, toutes les fois qu'on doit constituer une protection antirouille dans des climats très humides. Ces peintures doivent avoir un séchage rapide pour permettre l'application de la couche suivante dans les plus brefs délais, vingt-quatre heures environ.

Ces peintures s'accordent généralement avec les peintures de leur famille. Toutefois signalons qu'il serait imprudent de les recouvrir avec des peintures contenant des sulfures, du lithopone ou du jaune de cadmium par exemple. Il peut se produire un phénomène d'oxydo-réduction tendant à transformer le chromate en sel de chrome et le sulfure en sulfates. Ces réactions provoquent non seulement des virages de teinte mais les produits formés sont nuisibles à la protection antirouille. Ces peintures sont peu sensibles aux manipulations.

### D. PEINTURES PIGMENTÉES A LA POUDRE D'ALUMINIUM

On a tendance à n'utiliser ces peintures qu'en couche de finition mais cependant leur intérêt n'est pas moindre en couche primaire. La poudre d'aluminium alliée en proportion judicieuse avec les liants les plus divers (liants bitumineux, liants gras, ou oléoglycérophthaliques par exemple) donne des films particulièrement imperméables. En effet au cours du séchage la poudre d'aluminium remonte en surface et s'imbrique à la manière des tuiles ou des écailles de papillon. L'aluminium



constitue ainsi une excellente protection temporaire du métal en première couche.

Le recouvrement de la peinture pourra se faire sans limitation stricte de vingt-quatre heures à plusieurs semaines. Aucune observation spéciale n'est à faire concernant les peintures de recouvrement. Cependant il va de soi que si on utilisait une peinture bitumineuse en couche primaire, le système complet devrait être bitumineux.

Elles sont peu sensibles aux manipulations lorsqu'elles sont à base de liants oléorésineux.

### E. PEINTURES A PROTECTION ANODIQUE

Ces peintures, beaucoup plus récentes que les précédentes, sont actuellement représentées par les peintures à haute teneur en poudre de zinc. Leur caractéristique est de contenir du zinc métallique à l'exclusion de tout autre pigment. Quant au liant c'est le plus souvent une ou plusieurs résines plastiques dissoutes dans un solvant approprié. Après séchage, le film ne contient en fait que quelques pour cent de liant, afin d'obtenir le contact le plus intime possible entre le métal et le pigment. Ces peintures constituent donc essentiellement des films perméables. On aime à les comparer à une métallisation. Cependant la corrosion se manifeste avant l'oxydation intégrale du pigment car la pile zinc-fer ainsi constituée se polarise dans le temps, c'est-à-dire lorsque les produits de la réaction font écran entre les deux métaux et s'opposent au passage du courant galvanique.

Le zinc de la peinture se détruit moins rapidement que le zinc d'une tôle galvanisée. On s'en assure aisément en soumettant à une atmosphère corrosive définie (vieillessement accéléré par exemple) une tôle recouverte d'une peinture au zinc et une tôle galvanisée au trempé avec des épaisseurs de recouvrement équivalentes. La perte de poids ramenée au mètre carré de surface est portée en ordonnée tandis que les abscisses représentent le temps d'exposition.

Ces peintures peuvent être utilisées en système multicouche en appliquant l'une sur l'autre trois ou quatre fois la même peinture. Elles peuvent en général être recouvertes de peintures non pigmentées au zinc-métal mais comprenant des liants de la même famille.

On les a préconisées comme peintures de couche primaire pour des profilés, des châssis-fenêtres par exemple, destinés à être recouverts de peintures de bâtiment à l'huile de lin. On s'expose bien souvent à des mécomptes, la peinture à l'huile réagit parfois sur le zinc en provoquant des décollements des faïençages et souvent de la rouille qui apparaît prématurément.

Il est donc préférable d'utiliser en recouvrement des peintures à liants inertes séchant rapidement. Ces peintures sont peu sensibles aux manipulations.

### III

#### ÉPREUVE DE RÉSISTANCE DE QUELQUES PEINTURES DE COUCHE PRIMAIRE

La résistance relative de quelques peintures de couche primaire a été démontrée non par une expérience en laboratoire, mais par une exposition aux intempéries.

**1° Conditions de l'expérience.** Les éprouvettes métalliques mesuraient 20 x 20 cm; elles ont été découpées dans une même tôle de 8/10 d'épaisseur, mais elles n'ont subi aucune préparation de surface. Elles ont été fixées sur un pupitre

exposé au sud-ouest; l'inclinaison des plaques sur l'horizontale étant fixée à 60°.

Les peintures ont été appliquées au rouleau sur le recto et le verso, en deux couches en dégradé laissant la moitié de chaque face recouverte seulement d'une couche de peinture. Les applications ont eu lieu en février 1957 sur les plaques déjà disposées sur le pupitre.

Voici quelles ont été les peintures éprouvées :

- Peinture au minium de plomb à l'huile de lin.
- Peinture au rouge de fer à l'huile de lin.
- Peinture blanche à l'oxyde de zinc et à l'huile de lin.
- Peinture blanche au lithopone et à l'huile de lin.
- Peinture au chromate de zinc oléoglycérophthalique.
- Peinture à haute teneur en poudre de zinc, liant résineux non déterminé.

**2° Observations.** Au bout de quelques jours, toutes les peintures présentaient des piqûres de rouille sur le recto en une couche, à l'exception du minium de plomb et du rouge de fer.

Au bout de sept mois, lorsque les éprouvettes ont été retirées, on constatait :

*Peinture au minium de plomb :*

- Recto : à une couche comme à deux couches, rouille légère.
- Verso : à une couche, très nombreuses piqûres de rouille à deux couches, nombreuses piqûres de rouille.

*Peinture au rouge de fer :*

- Recto : à une couche comme à deux couches, rouille légère.
- Verso : à une couche comme à deux couches, quelques amorces de rouille.

*Peinture blanche à l'oxyde de zinc :*

- Recto : à une couche comme à deux couches, rares piqûres de rouille.
- Verso : à une couche, assez nombreuses piqûres de rouille; à deux couches, rares piqûres de rouille.

*Peinture blanche au lithopone :*

- Recto : à une couche, assez nombreuses piqûres de rouille; à deux couches, rares piqûres de rouille.
- Verso : à une couche, rouille presque générale; à deux couches, nombreuses piqûres et coulures de rouille.

*Peinture au chromate de zinc :*

- Recto : à une couche comme à deux couches, nombreuses piqûres de rouille, la peinture à viré au vert par décomposition du pigment.
- Verso : à une couche, rares piqûres de rouille; à deux couches, pas de rouille.

*Peinture à la poudre de zinc :*

- Recto : à une couche, quelques trainées de rouille; à deux couches, pas de rouille.
- Verso : à une couche comme à deux couches, quelques piqûres de rouille progressant peu. La peinture présente des salissures blanchâtres.



**TABEAU RÉSUMANT LES PROPRIÉTÉS RESPECTIVES DES PEINTURES POUR COUCHE PRIMAIRE  
D'APRÈS LEUR COMPOSITION**

Ce tableau est évidemment incomplet, mais il cherche à ordonner les grandes classes de peinture de couche primaire d'après leurs différentes qualités et possibilités.

	Liant généralement utilisé (préparation en usine)	Durcissement en profondeur	État du métal (fer ou acier) à peindre	Mécanisme de protection antirouille	Délai avant recouvrement	Observations
<i>Peintures à base de pigments plombifères</i>	Huiles siccatives traitées ou vernis oléorésineux longs en huile adjonction éventuelle d'éléments tensio-actifs (surfaces humides)	Lent quelques jours à quelques semaines	Surface sommairement décapée à la rigueur  Sèche dans les cas courants  Humide avec liants spéciaux	Après exsudation éventuelle de l'eau formation d'une pellicule imperméable par oxydation et polymérisation lente	Quelques jours à quelques semaines suivant les liants	Incompatible avec une surface phosphatée présentant des réactions acides
<i>Peintures à base de pigments ferrifères et aluminifères</i>	Huiles siccatives traitées ou vernis oléorésineux longs en huile  Vernis résineux courts en huile ou sans huile	Rapide 24 à 72 heures  Très rapide quelques heures à 24 heures	Surface sèche sommairement décapée à la rigueur  Surface sèche parfaitement décapée	Formation d'une pellicule imperméable	Un à plusieurs jours sans limitation stricte  Quelques heures à 24 heures	
<i>Peintures au chromate de zinc</i>	Vernis oléorésineux	Très rapide quelques heures à 24 heures	Surface sèche parfaitement décapée	Formation d'une pellicule assez perméable	Quelques heures à 24 heures	Incompatible avec des peintures contenant des pigments réducteurs (sulfures)
<i>Peintures à la poudre d'aluminium</i>	Vernis oléorésineux longs en huile  Vernis résineux courts en huile ou sans huile	Rapide 24 à 72 heures  Très rapide quelques heures à 24 heures	Surface sèche sommairement décapée à la rigueur  Surface sèche parfaitement décapée	Formation d'une pellicule particulièrement imperméable en raison de l'aluminium qui s'imbrique	Un à plusieurs jours sans limitation stricte	
<i>Peintures à haute teneur en poudre de zinc</i>	Vernis résineux généralement sans huile le plus inerte chimiquement possible	Très rapide quelques heures à 24 heures	Surface sèche parfaitement décapée	Formation d'une pellicule assez perméable permettant l'établissement des couples électriques favorables au métal ferrifère	Un à plusieurs jours sans limitation stricte	Ne supporte pas sans précautions un recouvrement en peintures à l'huile.



## CONCLUSION

L'expérience de la non-préparation des surfaces nous montre qu'aucune peinture de qualité ne peut être abandonnée plus de quelques mois aux intempéries sans présenter des signes visibles d'altération qui feront encourir à la protection complète de graves dangers dans un avenir proche. Qu'advient-il alors de la peinture d'habillage que l'on rencontre si souvent sur les charpentes métalliques lorsqu'elles sortent de l'atelier du constructeur? Soumises aux intempéries, aux manipulations diverses sans aucune précaution, aux souillures des chantiers, on ne peut plus parler de l'efficacité de leur protection en mois, en semaines, sinon en jours. Si l'applicateur n'y prend garde, son travail de recouvrement sera vain et les décollements, les écaillages et la rouille se manifesteront avant même que le chantier ne soit terminé. La réfection devra être complète après un décapage minutieux et onéreux, car des traitements curatifs n'existent pas. On ne dérouille pas, on ne décalamine pas, on ne dégraisse pas sous la peinture déjà appliquée et on ne recolle pas celle-ci, lorsqu'elle perd son adhérence et se détache du support, avec une « peinture miracle » de camou-

flage. Pas de préparation de surface, pas de protection antirouille sérieuse même avec des peintures nées des techniques nouvelles, il faudrait dire « surtout avec ces peintures-là » dont l'adhérence présente une grande susceptibilité vis-à-vis de la surface. Les peintures grasses conservent un certain temps un état semi-fluide pouvant s'accommoder pendant ce délai de évolutions provoquées par les éléments de corrosion qu'elles ont recouverts. Mais nous insistons encore une fois sur le fait qu'elles cachent la corrosion en activité mais ne la suppriment pas pour autant.

Nous avons également vu que l'exposition de la surface protégée peut jouer un grand rôle dans le comportement de la couche primaire. Telle qui résiste au ruissellement et aux insulations ne peut supporter l'humidité des condensations à l'abri des radiations solaires et vice versa, tandis que d'autres sont plus ou moins indifférentes au facteur d'exposition. Ainsi à la question : peinture au minium de plomb ou peinture au chromate? nous répondrons par cette autre question : dites nous ce que vous voulez en faire et nous vous suggérerons peut-être d'en choisir une troisième.

(Reproduction interdite.)



25  
SUPPLÉMENT AUX

# ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SEPTEMBRE 1958

Onzième Année, N° 129

---

Série : *TECHNIQUE GÉNÉRALE DE LA CONSTRUCTION* (25)

---

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 4 FÉVRIER 1958

sous la présidence de **M. P. TOURNON**,  
Architecte en Chef des Bâtiments Civils et Palais Nationaux,  
Ancien Directeur de l'École Nationale Supérieure des Beaux-Arts,  
Membre de l'Institut

## LA DÉFENSE CONTRE LE BRUIT DANS LES CONSTRUCTIONS

par **M. L. CONTURIE**,  
Ingénieur en Chef des Télécommunications

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS



## AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

*Je veux exprimer ma gratitude aux organisateurs de cette réunion pour l'honneur qu'ils m'ont fait en m'appelant à cette place.*

*Cet honneur se double d'un plaisir, parce qu'il me fournit l'occasion de dire, à tous, ce que je pense de celui que vous allez entendre ; M. l'Ingénieur en Chef des Télécommunications Conturie.*

*Il n'est pas un théoricien mais, comme nous disons dans le bâtiment, un homme du tas, appelé à se pencher chaque jour sur des cas concrets d'acoustique ou d'insonorisation.*

*Il va nous faire profiter, j'en suis sûr, de ses réflexions, de ses luttes et de ses réussites avec la simplicité et la clarté de ceux qui savent et n'ont pas besoin de le montrer.*

*J'ai, depuis des années, la bonne fortune de voir Conturie à l'œuvre et de prendre part à ses conférences de travail où l'œil ouvert, l'esprit alerte, il saisit, avec une clairvoyance jamais en défaut, ce qui peut conduire à la solution désirable.*

*J'ai, voici déjà presque longtemps, pu me rendre compte de la méthode, de la rigueur, de l'indépendance de son esprit, pendant tout un mois d'examen des épreuves du concours que la Radiodiffusion française avait organisé pour le choix du meilleur projet d'une Maison de la Radio à Paris.*

*J'ai suivi, jour après jour, avec mon éminent confrère Joseph Marrast et l'étonnante équipe de M. le Chef du Service des Bâtiments Matras, cet examen où chacun apportait le meilleur de son savoir, de son expérience et de son attention.*

*Habitué cependant aux jugements d'école ou de concours publics, je ne pouvais m'empêcher d'admirer la conscience et, disons-le, la maîtrise d'un juge dont la calme sérénité ne laissait rien passer : qualités ou fautes — se rendant à l'avis des architectes pour la composition générale et la valeur esthétique des projets, prenant celui des techniciens de la Radio pour le fonctionnement des services.*

*Les temps sont révolus où ingénieurs et architectes semblaient s'opposer, quand, pour la réussite de l'œuvre, ils gagnent tout à mettre en commun des valeurs qui se complètent.*

*Je pourrais longtemps encore me donner le cruel plaisir, en tournant à l'éloge académique, de mettre à l'épreuve la modestie de notre ami.*

*Je préfère y renoncer, quoiqu'il m'en coûte, pour vous donner enfin la joie de l'entendre.*

### RÉSUMÉ

Le conférencier rappelle d'abord les notions de spectre et de niveaux en décibels ainsi que les conditions de mesure de ces caractéristiques essentielles des bruits ; il rappelle aussi les données physiologiques suivant lesquelles l'oreille est sensible aux bruits.

Ceci fait, il précise les notions d'impédance et de résonance qui sont à la base des conditions de propagation de tout type de bruit, et également à la base de tous les procédés de défense susceptibles d'être imaginés.

Il traite ensuite des divers types de propagation de bruits :

— Transmission directe dans laquelle la masse joue un rôle très important, mais où interviennent aussi d'autres facteurs non négligeables.

— Transmission indirecte dans laquelle des coupures, désadaptant les impédances, sont essentielles.

— Transmission par les ouvertures ou les points faibles.

— Production et transmission des bruits par les canalisations et leurs équipements terminaux.

— Transmission par les gaines de ventilation en décrivant les divers mécanismes d'absorption par filtres.

— Transmission des vibrations en décrivant les principes de montage appropriés pour diminuer leur amplitude à la source.

— Enfin, il indique comment on peut dans certains cas faire appel à l'amortissement et à l'absorption.

### SUMMARY

The author first reviews the concepts of the absorption spectrum and decibel levels as well as the methods of measuring these fundamental characteristics of sound. He also passes in review the physiological basis of the auditory process.

The article continues with a clarification of the notions of impedance and resonance which are at the bottom of all sound propagation, and also an essential factor in all imaginable systems of defence against noise.

He then proceeds to a consideration of the various types of sound propagation.

— Direct transmission in which the mass plays a most important role, but in which other non-negligible factors also come into play.

— Indirect transmission in which apertures for the elimination of impedances are essential.

— Transmission through apertures or weak points.

— Production and transmission of noise in pipes and in the mechanical fixtures to which they lead.

— Transmission of noise in air conditioning and ventilating ducts with a description of various sound absorption filter systems.

— Transmission of vibrations with a description of the principles to be followed in installation of equipment to reduce these vibrations at the source.

— In conclusion, the author indicates how one may, in some cases, make use of sound muffling and sound absorption equipment.



## EXPOSÉ DE M. CONTURIE

Avant d'aborder la théorie et la pratique de la défense contre les bruits il est nécessaire de rappeler quelques notions de base, souvent oubliées ou méconnues :

Comment doit-on définir un bruit?

— dans quelles conditions l'oreille est-elle sensible au bruit?

— quels sont les phénomènes physiques fondamentaux auxquels est toujours liée la transmission des bruits?

## I. — DÉFINITION D'UN BRUIT

Un bruit — ou un son — est un ébranlement périodique du milieu qui, dans sa dernière étape, avant d'atteindre notre oreille, se propage dans l'air par ondes de pression; c'est donc une variation périodique de pression qui se propage. Son passage provoque un mouvement périodique, c'est-à-dire une vitesse périodique, des molécules de l'air.

L'existence d'un bruit se traduit ainsi physiquement par la variation périodique dans l'air de deux grandeurs, la pression et la vitesse des molécules.

Les deux données fondamentales qui caractérisent un bruit sont donc la *périodicité* et l'*amplitude* des variations de ces grandeurs.

Au premier point de vue la périodicité des bruits ne s'analyse pratiquement jamais comme une vibration de fréquence pure; c'est toujours une vibration complexe contenant très largement toutes les fréquences audibles importantes de 40 à 10 000 p/s.

Comme les conditions de transmission des fréquences les plus basses et des fréquences élevées sont très différentes, il est très important de songer au spectre de fréquences des bruits dont on a à se protéger, les moyens de défense devant le plus souvent en tenir compte pour être appropriés; le plus souvent, du reste, *les composantes les plus importantes des bruits sont des fréquences basses* et ce sont celles contre lesquelles il est le plus difficile de se défendre.

Au second point de vue les amplitudes de pression mises en jeu sont très petites mais s'étendent, dans la zone de sensibilité de l'oreille, sur une échelle considérable qui va de 1 à  $10^6$ , et pour les intensités — grandeurs proportionnelles au carré des amplitudes de pression — de 1 à  $10^{12}$ .

Comme, en vertu d'une loi physiologique très générale, la sensation varie *sensiblement* comme le logarithme de l'excitation, on définit et on mesure les intensités ou les *niveaux sonores* suivant une échelle logarithmique qui, en dehors de sa commodité, a le très grand avantage de donner une image bien plus correcte de la correspondance réelle entre l'intensité de la sensation et l'intensité de l'excitation.

Ainsi donc si les intensités physiques de divers sons sont entre elles comme 10, 20, 30, 50, 100, 1 000, 10 000, etc... les sensations correspondantes perçues par notre oreille sont entre elles comme 10, 13, 15, 17, 20, 30, 40, etc...; on adopte cette seconde échelle pour la mesure des niveaux sonores et, en choisissant un niveau 0 conventionnel, on convient de dire que ceux-ci ont les niveaux 10, 13, 15, 17, 20, 30, 40, etc... décibels.

Un son de 100 décibels est un son très fort.

Un son de 80 décibels est un son fort.

Un son de 60 décibels est un son moyen.

Un son de 40 décibels est un son faible.

Disons tout de suite qu'un local dans lequel le niveau de bruit ambiant ne dépasse pas 35 dB peut être considéré comme très calme.

De ces toutes premières données il ressort que dans tout problème de défense contre le bruit il faut :

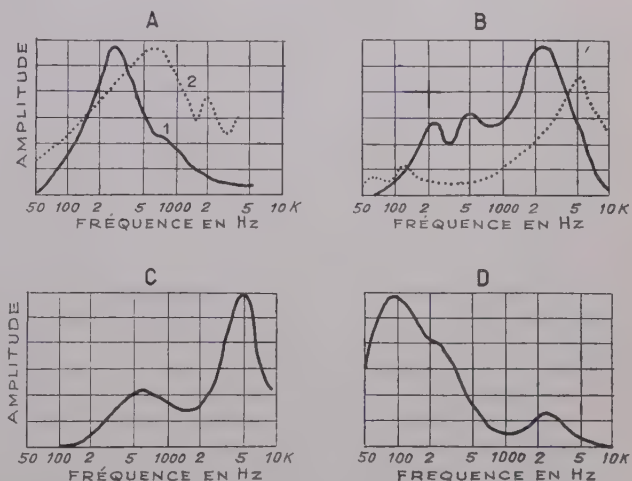
1° Que l'on se fixe le but à atteindre; on sera naturellement plus exigeant pour une chambre d'hôpital que pour un bureau, plus exigeant pour un studio d'enregistrement que pour une salle de cinéma.

2° Que l'on sache contre quel niveau de bruit il faut se protéger *sans jamais perdre de vue le spectre de ces bruits*; le problème ne serait en effet pas résolu par une réduction moyenne du niveau si le niveau de certaines fréquences restait supérieur au niveau admissible.

Le niveau doit être défini par une courbe et non par un seul chiffre; le définir par un seul chiffre de valeur moyenne ne constitue qu'une première mais le plus souvent grossière approximation.

Voici d'une part quelques spectres de bruit (fig. 1, 2 et 3), d'autre part un tableau situant dans l'échelle des niveaux quelques ambiances ou circonstances familières;

et enfin un petit tableau sommaire des niveaux de bruit admissible dans diverses catégories de locaux.



A. Bruits de pas (1 : sur linoléum, 2 : sur dallage pierre).  
B. Deux types de machine à écrire.  
C. Sonnette de téléphone.  
D. Pompe centrifuge.

FIG. 1.

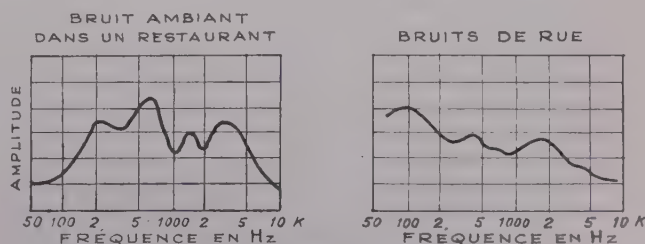


FIG. 2.



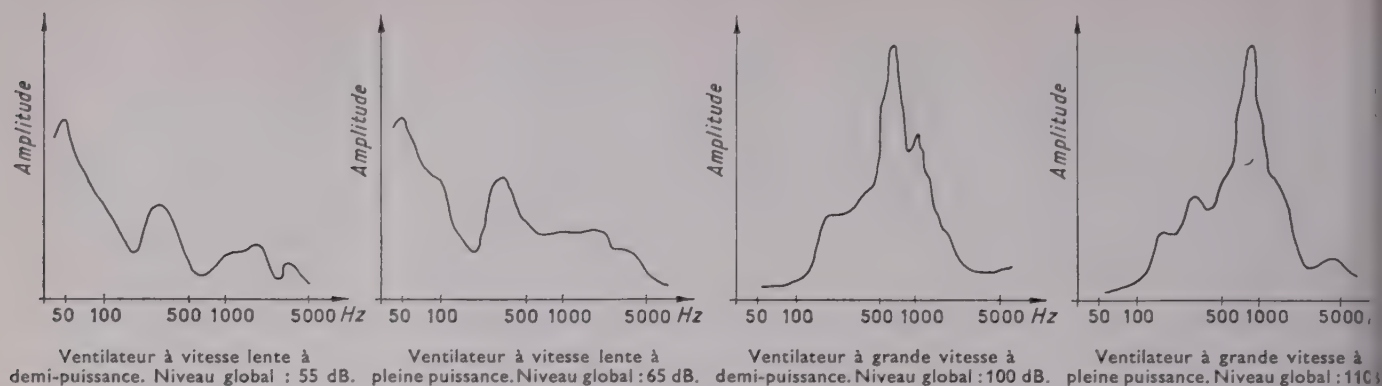


FIG. 3.

130 dB seuil de douleur

Difficilement sup- portable. ....	120 dB	Moteur d'avion à 6 m. Coups de marteau sur l'acier.
	110 —	Atelier de chaudronnerie. Gare au passage d'un train express.
Pénible. ....	100 —	Marteau piqueur.
Bruyant. ....	90 —	Orchestre symphonique. Corne d'automobile.
	80 —	Poste de T. S. F. très puissant. Rue très bruyante.
	70 —	Musique de chambre.
Parole et musique moyennes. ....	60 —	Usine moyenne. Restaurant très bruyant. Conversation normale à 1 m.
Bruit d'ambiance habituel. ....	50 —	Wagon tranquille. Appartement bruyant.
Calme. ....	40 —	Bureau ou appartement moyen. Poste de T. S. F. doux.
Très calme. ....	30 —	Résidence tranquille. Studio de radio très bien isolé.
	20 —	Jardin tranquille
Silence anormal. .	10 —	Chuchotement.
	5 —	Laboratoire d'acoustique extrê- mement isolé.
	0 —	Seuil d'audibilité.

Niveaux de bruits admissibles dans diverses catégories de locaux

Bureaux publics. ....	45 dB
Appartements. ....	35 à 40 dB
Théâtres. ....	— —
Hôpitaux. ....	30 à 35 —
Studios de radio. ....	30 —

Le rapprochement de ces deux tableaux montre l'importance de la diminution du niveau de bruit qu'il faut obtenir suivant le but poursuivi et des circonstances dans lesquelles on se trouve

**Exemple :** La construction d'un hôpital à proximité d'une rue assez bruyante doit comporter un isolement de 50 dB.

Or, l'isolement est naturellement d'autant plus difficile à réaliser et coûteux qu'il est important; la difficulté et le prix

croissent beaucoup plus vite que le nombre qui exprime le résultat atteint; il importe beaucoup d'éviter sauf raison impérieuse de se poser des problèmes d'isolement trop importants.

Pour fixer dès à présent les idées indiquons que :

— Pour obtenir un isolement de 30 à 40 dB il suffit d'éviter des erreurs grossières (ouvertures mal placées, cloisons très légères) et que des dispositions de bon sens suffisent.

— Pour obtenir un isolement de 40 à 50 dB il faut une construction soignée assortie assez souvent de quelques procédés spéciaux simples : doubles cloisons, plafonds suspendus.

— Pour obtenir un isolement de 50 à 60 dB, des procédés spéciaux doivent être mis en œuvre : coupures dans le gros œuvre, planchers flottants, planchers et plafonds indépendants portes et fenêtres spéciales.

— Pour obtenir un isolement supérieur à 60 dB il faut des précautions draconiennes dès la conception du projet : fondations indépendantes, murs indépendants et une attention méticuleuse pour tous les éléments et toutes les installations qui interviennent dans la construction.

## II. — SENSIBILITÉ DE L'OREILLE

Expliquant le choix d'une échelle logarithmique pour la mesure des niveaux de bruit, nous venons de dire que la sensation varie comme le logarithme de l'excitation. Cette loi ne constitue cependant qu'une approximation et n'est vraiment valable que d'une part dans la zone des niveaux moyens et d'autre part dans la zone médiane des fréquences audibles; aux fréquences basses ou élevées d'une part, aux niveaux faibles d'autre part, le comportement de l'oreille s'en écarte sensiblement.

Des recherches statistiques minutieuses ont permis de préciser la sensibilité de l'oreille conformément aux résultats du réseau de courbes indiqués sur la figure 4.

La courbe inférieure représente le seuil de sensibilité de l'oreille en fonction des fréquences portées en abscisse. On y voit que ce seuil est très bas pour les fréquences moyennes mais il s'élève pour les fréquences élevées d'une part et pour les fréquences basses surtout, d'autre part.

C'est ainsi qu'un son au niveau physique de 40 dB est très largement dans la zone d'audibilité à 1 000 p/s; mais il est tout juste audible à 100 p/s, et tout juste audible à 1 000 p/s.

L'oreille est beaucoup moins sensible aux fréquences basses qu'aux fréquences moyennes.



Cela est du reste heureux :

— parce que les composantes graves sont, dans la plupart des spectres de bruit, les plus intenses ;

— parce que les composantes graves sont les plus gênantes ;

— parce qu'enfin l'efficacité des procédés de défense contre le bruit est en général nettement plus faible aux basses fréquences que dans le reste de la gamme ; il est donc avantageux que le gain physiologique soit plus rapide que le gain physique.

Les autres courbes du réseau précité indiquent aux différentes fréquences les niveaux physiques donnant les mêmes niveaux de sensation. Aussi longtemps que l'on n'a pas à faire à des niveaux physiques trop élevés, on remarque que pour un niveau physique donné là encore les niveaux de sensation sont plus faibles aux fréquences basses qu'aux fréquences moyennes.

En outre, un fait très important et qui ne ressort pas directement de ce réseau de courbes est le suivant : les niveaux de sensation varient beaucoup plus vite en fonction des niveaux physiques dans la zone des bas niveaux qu'au delà. Il en résulte qu'un abaissement des niveaux physiques de l'ordre de 10 dB par un procédé de défense quelconque :

- produira un effet relativement faible autour de 50 dB ;
- produira un effet pratiquement radical autour de 30 dB.

Il y a donc un intérêt fondamental à réduire les bruits à la source de façon à ce que la protection directe des locaux se faisant contre les niveaux de bruit réduits soit, pour ces simples et fondamentales raisons physiologiques, particulièrement efficace.

### III. — PHÉNOMÈNES PHYSIQUES FONDAMENTAUX LIÉS À LA TRANSMISSION

Deux notions interviennent constamment dans les problèmes des transmissions des bruits, ce sont les notions d'impédance et de résonance dont l'importance est telle qu'on ne peut se dispenser de les résumer.

*L'impédance d'un milieu ou d'un système quelconque est la mesure de la difficulté qu'éprouve une cause, s'exerçant dans ce milieu, ou appliquée à ce système, pour y produire un effet.*

Par exemple en électricité l'impédance d'un circuit ou d'une ligne mesurant la difficulté qu'éprouve la tension appliquée (cause) à y produire une intensité (effet), s'exprime comme le rapport entre la tension et l'intensité ; de même en mécanique l'impédance s'exprime comme le rapport entre la force appliquée (cause) et le mouvement produit caractérisé par la vitesse (effet) ; de même en acoustique l'impédance s'exprime comme le rapport entre la pression vibratoire (cause) et le débit vibratoire (effet).

La transmission d'un effet à travers divers milieux, ou par intermédiaire de divers systèmes, comme c'est le cas dans la transmission des ébranlements sonores (à travers les milieux solides ou dans l'air et par l'intermédiaire de systèmes méca-

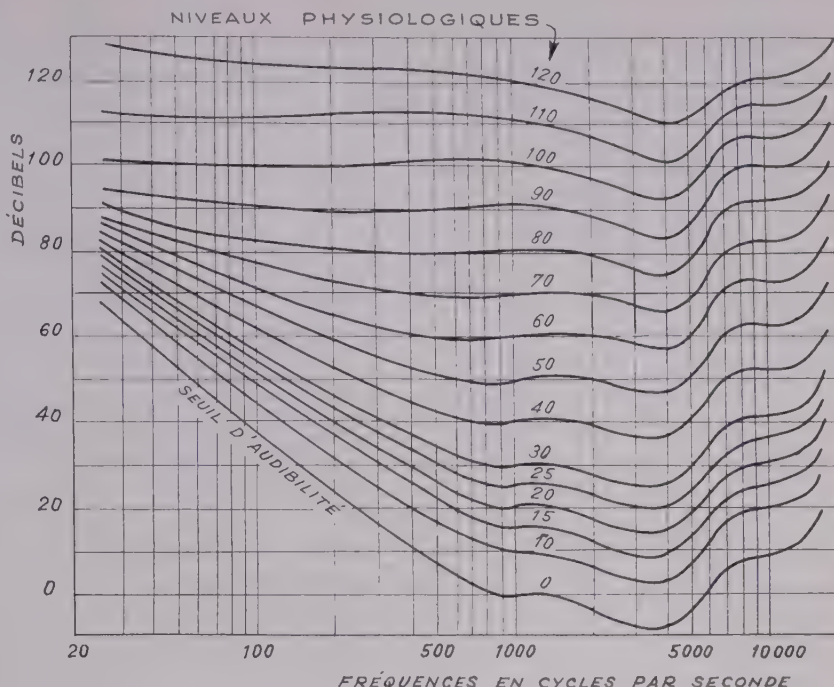


FIG. 4. — Courbes de Fletcher.

niques mis en vibration) dépend donc des impédances rencontrées.

D'une part plus les impédances sont fortes plus, pour une cause donnée, l'effet produit est petit.

D'autre part on sait que lorsque les impédances successives rencontrées sont d'une valeur différente, l'énergie se transmet très mal, tandis qu'elle se transmet très bien lorsque les impédances sont de valeur sensiblement égale ; on dit que dans le premier cas il y a désadaptation, dans le second cas il y a adaptation.

Nous rencontrerons constamment cette notion de base ; c'est d'elle, pour prendre tout de suite un exemple, que résulte l'utilité de discontinuités créées dans une construction par l'interposition de matériaux de caractéristiques mécaniques très différentes, discontinuités qui établissent sur le parcours des ébranlements des désadaptations d'impédance.

*L'impédance d'un milieu ou d'un système est fonction de la fréquence.*

On appelle *résonance*, l'effet exceptionnellement important que produit une cause lorsqu'il y a entre sa fréquence et les caractéristiques du milieu, ou des systèmes intéressés, une relation exceptionnellement favorable. C'est ainsi que lorsqu'un système est actionné par une cause dont la fréquence correspond à son impédance minimum, l'effet produit est particulièrement grand ; il peut être extrêmement grand si, à cette fréquence, l'impédance est presque nulle ; on dit que cette fréquence est la fréquence propre du système.

Ainsi, par exemple, on montre aisément que le comportement d'un système mécanique ébranlé par une force périodique est traduit dans l'équation :

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + a \frac{dx}{dt} + Kx = F \sin \omega t$$



dans laquelle :

- $m$  est la masse ;
- $a$  l'amortissement ;
- $K$  la raideur des liaisons.

La fréquence de résonance ne dépend que de ces caractéristiques du système, elle est voisine de  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$  ; le réseau de courbes ci-dessous montre l'amplitude de l'effet produit pour différentes valeurs de l'amortissement.

On voit que cet effet à la résonance est d'autant plus grand que l'amortissement est plus petit et qu'il peut être très grand.

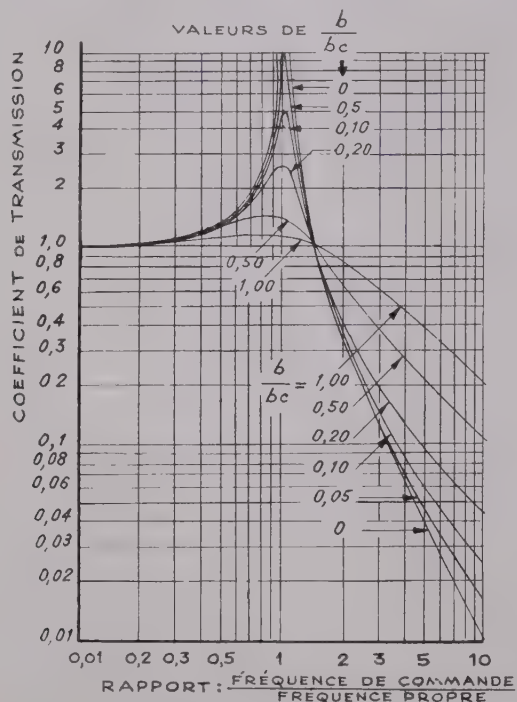


FIG. 5.

D'une façon tout à fait analogue, du simple fait de la propagation il peut se produire des résonances locales ; c'est ainsi que dans un tuyau, du simple fait de la réflexion de l'onde sonore aux extrémités il se produit un système d'ondes stationnaires par superposition des ondes successivement réfléchies, et que lorsqu'il y a entre la fréquence d'excitation et la longueur du tuyau une relation convenable, on a des nœuds et des ventres de pression ; les ventres de pression peuvent correspondre à des intensités locales très importantes, on sait que c'est suivant ce mécanisme que fonctionnent les tuyaux sonores.

Ces effets de résonances sont fondamentaux et nous aurons constamment à y porter notre attention, soit pour les éviter, soit pour les mettre à profit.

\*\*\*

Ajoutons à cette introduction qu'il existe des appareils simples et d'un maniement facile pour mesurer les bruits. Ces appareils qu'on appelle des sonomètres ne sont rien d'autre que des microphones associés à un voltmètre dont

l'échelle de lecture est logarithmique. Ils sont étalonnés par les constructeurs de façon à ce que les tensions de sortie des microphones mesurés soient traduites et lues directement en niveaux sonores exprimés en décibels.

On peut, ou bien se contenter en première approximation d'une lecture globale qui donne pour l'ensemble du bruit pris par conséquent avec son spectre de fréquence totale un seul chiffre.

On peut, d'une manière plus précise, associer au sonomètre des filtres électriques qui découpent le spectre en fréquences audibles en un certain nombre de bandes plus ou moins étroites, et par conséquent définir le bruit par une courbe fonction de la fréquence, courbe du genre de celles qui ont été montrées tout à l'heure.

J'insiste sur la nécessité et la possibilité de cette mesure.

Il est inadmissible de prétendre se défendre contre les bruits dans la construction, sans se soucier de façon rationnelle de préciser ce contre quoi on a à se défendre et le résultat obtenu

\*\*\*

Ceci dit, énumérons les divers types de bruits et les divers modes de propagation correspondants avant d'exposer pour chacun d'eux les principes et les procédés de défense.

— Le premier type de bruit est le bruit répandu dans l'air qui s'y propage et qui rencontre ainsi une des parois : murs, cloisons, plancher ou plafond du local à protéger, c'est ce qu'on appelle la transmission directe ; son examen nous conduit à analyser le comportement des structures-enveloppes d'un local.

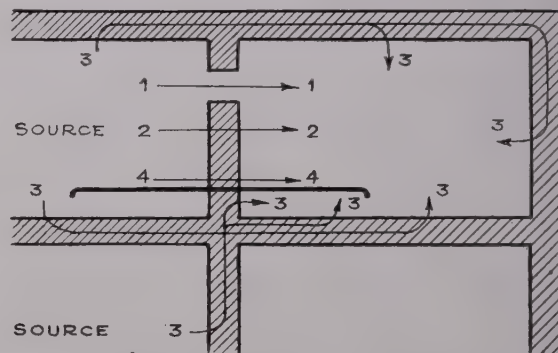


FIG. 6. — Modes de transmission des bruits dans un local.

Ce même bruit peut pénétrer dans le local par des ouvertures, nous aurons à examiner l'effet de ces ouvertures suivant leurs dimensions.

Ce même bruit enfin peut se propager par un cheminement plus ou moins long dans la structure et se retransmettre au local par une voie indirecte.

— Le second type de bruit prend naissance au contact de la structure sous forme d'ébranlement mécanique ; ce sont les bruits de choc, que ces chocs soient des chocs directs (comme les bruits de pas par exemple) ou des chocs indirects (comme les ébranlements communiqués aux structures par les canalisations qui y sont fixées par exemple).

— Le troisième type de bruit est celui, quelle que soit son origine, qui se transmet dans un guide qui, très exactement, le canalise vers le local : c'est le mode de transmission privilégié des gaines de ventilation.

— Enfin un type de bruit particulier et important est celui qui résulte de la mise en vibration générale des structures.



ar des machines qui produisent des vibrations mécaniques basse et même très basse fréquence. Il s'agit à l'origine de diminuer la transmission de ces vibrations à la source par des procédés qui, quoique les idées directrices soient les mêmes, élèvent plus de la mécanique que de l'acoustique.

La première chose à souligner est que, quel que soit le type de bruit, il y a un intérêt fondamental à ce que le niveau qui parvient au contact immédiat des locaux à protéger soit le plus faible possible.

Lorsque la source des bruits échappe à tout contrôle il convient de s'efforcer :

a) D'en éloigner le plus possible les locaux sensibles (le niveau diminuant de 4 à 5 dB chaque fois que la distance double).

b) De disposer des écrans entre le bruit et les locaux sensibles.

c) D'éviter que des ébranlements vibratoires prennent naissance au contact même de l'enveloppe des locaux sensibles.

C'est là une affaire de parti général; il n'y faut que de la réflexion et du bon sens. Une bonne étude épargne beaucoup d'ennuis et des dépenses ultérieures.

Lorsqu'on peut agir sur la source de bruit — c'est le cas de toutes les installations que l'on met soi-même en place dans la construction — il convient :

a) De choisir, pour un service donné, les appareils les moins bruyants;

b) De prendre dans la mise en place des équipements et des appareils, et immédiatement autour de ceux-ci, des dispositions protectrices qui diminuent aussi considérablement que possible, dès leur naissance, le niveau des bruits qui vont ensuite se propager dans le bâtiment.

Nous reviendrons tout à l'heure sur cette protection à la source qui rassemble des applications des diverses dispositions que nous allons maintenant examiner.

#### IV. — TRANSMISSION DES BRUITS AÉRIENS D'UN LOCAL A UN AUTRE

La transmission des bruits par une paroi ne se fait pas à l'instar de celle-ci par un mécanisme de réfractions successives; c'est un mécanisme, compte tenu des caractéristiques très différentes (impédances acoustiques) du milieu air et du milieu solide, correspond à une transmission d'énergie extrêmement faible. La transmission se fait par mise en vibration mécanique de l'ensemble de la paroi, laquelle, en gros, se comporte comme une membrane vibrante.

C'est donc l'impédance mécanique de la paroi qui constitue le facteur essentiel; or, si l'on désigne, comme tout à l'heure :

- Par  $a$  l'amortissement,
- Par  $m$  la masse au mètre carré,
- Par  $K$  la raideur des liaisons,

il est facile de montrer que l'impédance mécanique s'exprime en fonction de ces grandeurs caractéristiques par la relation :

$$Z^2 = a^2 + \left( 2\pi f m - \frac{k}{2\pi f} \right)^2$$

et tant la fréquence.

Il est manifeste que, dès que  $f$  est assez grand, le terme  $2\pi f m$  est largement prépondérant, d'autant plus que la masse est toujours relativement grande.

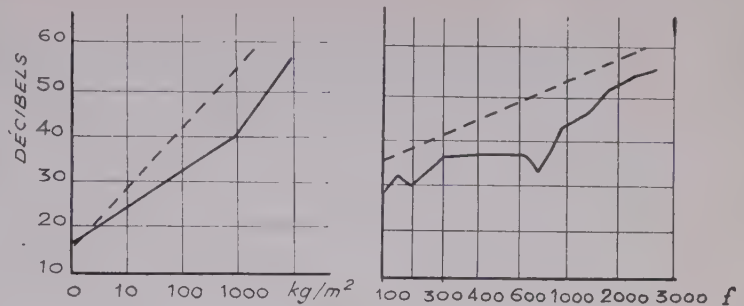


FIG. 7.

La transmission, nous le savons — cela résulte de la définition que nous avons donnée de l'impédance — se fait d'autant moins bien que l'impédance est plus élevée; nous voyons donc tout de suite que la transmission se fera d'autant moins bien, c'est-à-dire la paroi sera d'autant plus isolante, que sa masse sera plus grande et qu'il s'agira de fréquences plus élevées.

Comme les niveaux de bruits se mesurent selon une échelle logarithmique, ce résultat qualitatif s'exprime quantitativement par la loi suivante :

L'affaiblissement est proportionnel au logarithme de la masse et au logarithme de la fréquence; en conséquence :

— L'affaiblissement apporté par une paroi augmente théoriquement de 6 dB chaque fois que sa masse est doublée.

— A des fréquences assez élevées toute paroi peut donner un affaiblissement important; c'est pourquoi un seul chiffre d'affaiblissement, non accompagné de l'indication de la fréquence à laquelle il correspond, ne donne aucune idée de la valeur d'une paroi.

Si le facteur masse est essentiel il n'est cependant pas le seul :

a) On voit en effet, d'après l'expression de l'impédance, que, pour une certaine valeur de la fréquence, l'impédance passe par un minimum; il y a *résonance*, comme nous l'avons expliqué tout à l'heure. Cette résonance se produit de façon très générale pour les structures utilisées en construction entre 100 et 150 périodes; c'est cette diminution de l'impédance allant jusqu'à la résonance aux fréquences basses qui rend, dans cette gamme pourtant essentielle, puisque la quasi totalité des spectres de bruit comportent des composantes importantes dans les basses fréquences, la réalisation d'isollements importants si difficile. Dans cette zone l'amortissement joue un rôle très notable et c'est là que s'établit une distinction entre les parois lourdes et les parois légères.

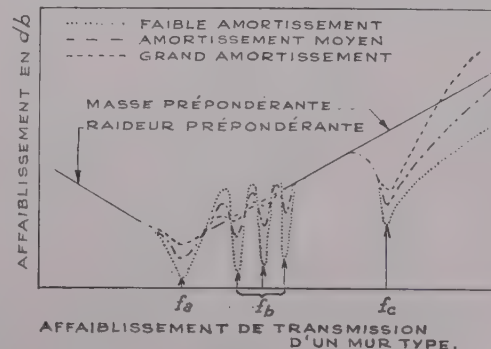


FIG. 8.



En ce qui concerne les premières on ne peut agir sur leur amortissement.

En ce qui concerne les secondes on peut au contraire très souvent par des dispositions convenables l'augmenter.

b) De plus on constate expérimentalement que toutes les parois simples donnent un affaiblissement plus ou moins sensiblement inférieur à la loi de masse qui vient d'être énoncée.

Cela résulte de ce que les parois ne sont pas des membranes minces mais ont une certaine épaisseur.

Leurs éléments se comportent non pas comme des pistons mais comme des poutres travaillant en flexion.

Sans faire ici la théorie de ce comportement plus conforme à la réalité, j'indique qu'il est moins favorable au point de vue de l'affaiblissement que la première approximation donnée par la loi de masse; les différences sont d'autant plus notables, dans le mauvais sens, que la paroi est plus mince.

On trouvera joint au texte de cette conférence, une quinzaine de résultats d'affaiblissements aux diverses fréquences pour diverses structures lourdes ou semi-lourdes allant du mur de briques pleines de 22 cm enduit, pesant 440 kg/m<sup>2</sup>, et donnant un affaiblissement moyen de l'ordre de 50 dB, au fibrage de 4 cm, enduit au plâtre, pesant 50 kg/m<sup>2</sup> et donnant un affaiblissement moyen de l'ordre de 32 dB.

c) L'expérience montre en outre — et cette documentation en donnera des exemples — que les enduits sont d'une *extrême importance*. Entre une paroi enduite et une paroi non enduite la différence d'affaiblissement est couramment de l'ordre de 4 à 5 dB. Ce résultat, qui n'a évidemment aucun rapport avec le supplément de masse généralement négligeable de l'enduit, marque que toutes les structures sont plus ou moins poreuses pour le son et qu'il importe de les rendre étanches par une finition de surface.

\* \*

Puisqu'en augmentant la masse d'une paroi simple on n'augmente que très lentement l'affaiblissement en raison du caractère logarithmique de la loi de masse, la première idée qui vient à l'esprit est d'ajouter les affaiblissements individuels de deux parois successives en observant qu'à l'évidence :

$$2 \log m > \log 2 m.$$

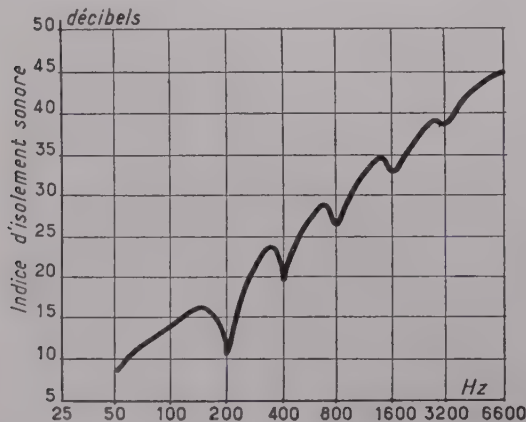


FIG. 9. — Type de courbe de variation de l'indice d'isolement sonore d'une cloison double dont les deux parties sont séparées par un espace d'air et dont la fréquence de résonance de l'ensemble se situe aux environs de 200 Hz.

Cette idée est assurément très bonne; elle l'est cependant nettement moins que ce raisonnement simple pour conduire à l'espérer. En pratique, doubler une paroi par une seconde paroi identique séparée est très loin de doubler l'affaiblissement; cela permet seulement en général d'obtenir un résultat global un peu meilleur que la loi de masse et même dans le cas de parois minces bien étudiées, de dépasser assez sensiblement ce résultat.

Cela tient à ce que deux parois, relativement éloignées même s'il n'y a pas entre elles de points de contact solide (chose qui va presque sans dire car si elles sont liaisonnées elles ne forment au point de vue acoustique qu'une seule paroi) ne sont jamais vraiment indépendantes. En effet :

a) D'une part la lame d'air qui les sépare constitue entre elles un élément de couplage qui, du reste, présente une série de résonances dont les fréquences dépendent de son épaisseur. Cet effet de couplage diminue au fur et à mesure que l'écartement augmente; le gain augmente de façon progressivement très appréciable jusqu'à l'écartement de 20 cm environ pour ne plus croître au-delà que très lentement. Il faut donc chaque fois qu'on le peut, dans ces limites, rechercher l'écartement le plus grand possible.

En outre, on réduit cet effet en *amortissant la résonance* de la lame d'air en plaçant dans cet intervalle une couche de matériaux absorbants (type laine de verre par exemple). On peut aller jusqu'au remplissage de l'intervalle; encore faut-il naturellement que ce remplissage ne soit pas si compact qu'il réalise une liaison solide entre les deux parois. Une bonne méthode de construction consiste, une fois la première paroi construite, à monter en même temps le matériau absorbant dans l'intervalle et la deuxième paroi, cette méthode permettant d'éviter automatiquement la chute de débris solide pouvant créer des liaisons dans l'intervalle.

#### Indices d'isolement d'une double fenêtre en fonction de la distance $d$ séparant les deux glaces de 2,5 mm qui la constituent, à diverses fréquences.

Distance $d$ en mm	Indices d'isolement acoustique en dB			
	à 250 Hz	à 750 Hz	à 1 500 Hz	Moyenne 200-2 000 Hz
3	24	27	50	33
6	23	32	52	35
12	22	36	56	38
25	20	42	65	42
50	23	49	64	46
125	35	49	64	49
200	40	52	66	53

b) D'autre part les deux parois considérées ne sont pas vraiment indépendantes du fait qu'elles sont l'une et l'autre liées aux murs, planchers et plafonds qui les entourent.

Ceci nous amène à la *transmission indirecte*. L'effet de l'onde sonore provoquant un effet, comme nous l'avons vu, une vibration de flexion de la paroi, il en résulte des déformations de flexions qui se propagent dans celle-ci et dans toutes celles qui lui sont liées, avec un certain affaiblissement. À toute distance, elles se traduisent par des déformations de surface qui donnent un rayonnement, donc une onde sonore, donc une transmission de bruit.

En particulier deux parois parallèles voisines se transmettent, avec un certain affaiblissement, leurs déformations respectives, par le contact des éléments qui les encadrent.



Elles sont donc par ce mécanisme également couplées. Pour diminuer cet effet, il faut affaiblir ce mode de transmission ; pour l'affaiblir, il faut que la déformation qui se propage rencontre une *désadaptation d'impédance* : pour que cette désadaptation soit forte, il faut qu'un matériau de caractéristiques très différentes des matériaux de structure soit interposé sur le chemin. Les matériaux de caractéristiques très différentes des matériaux de construction classique essentiellement rigides sont les *matériaux élastiques* comme le liège, le feutre, les caoutchoucs mous en général, les laines de verre ou de roche, etc... ; d'où le montage d'éléments de parois dans des encadrements de matériaux élastiques, accentuant dans une *très grande mesure* l'affaiblissement par transmission indirecte.

C'est avec ces idées directrices que l'on peut réaliser des structures complexes donnant de bons résultats. C'est ainsi par exemple que deux murs de briques, enduits de 15 et 20 cm, écartés de 10 cm, construits sans coupures contre la transmission indirecte, donnent un affaiblissement moyen de 73 dB.

Lorsque les deux mêmes murs sont séparés par une coupe élastique ils donnent un affaiblissement moyen de 73 dB.

Dans le domaine des structures légères doubles il faut aussi naturellement :

- les écarter le plus possible ;
- les monter (au moins l'une d'elles dans un encadrement élastique) ;
- amortir l'intervalle.

En outre, on gagnera sensiblement à augmenter l'amortissement mécanique de chacune des structures légères en leur accolant de façon convenable un matériau élastique (type feutre) suivant des principes sur lesquels nous reviendrons tout à l'heure.

Ce faisant on a une résonance moins accusée, par conséquent une transmission nettement plus faible aux fréquences basses. C'est ainsi que les trois structures doubles légères (voir annexe II, p. 974) qui pèsent sensiblement le même poids (16 à 18 kg/m<sup>2</sup>) donnent un affaiblissement moyen, la première de 25 dB, les deux autres de 38 dB.

On peut même, dans le cas particulier d'éléments légers de petites dimensions, en réalisant une fixation très souple (suspension type accordéon) rendre  $k$  très petit, ce qui rejette

la résonance dans les fréquences très basses, et en même temps augmenter artificiellement, de façon particulièrement importante, l'amortissement par un frottement (feutre sur feutre par exemple) associé au mouvement. On peut alors obtenir aux fréquences basses classiques des affaiblissements de transmission étonnamment supérieurs à ceux que donne un montage classique.

Ce sont les mêmes idées qui inspirent les réalisations maintenant presque classiques de planchers flottants et de plafonds suspendus. Pour ces éléments particuliers on cherche de même à diviser la structure en deux ou trois éléments aussi indépendants que possible.

Pour les planchers flottants le principe est de faire reposer sur une structure primaire une deuxième structure semi-lourde (dalle de béton par exemple) par l'intermédiaire de *matériaux élastiques* réduisant autant que possible les liaisons mécaniques entre les deux.

Cette définition me conduit à signaler en passant que, contrairement à une idée fausse, très répandue, le sable n'étant à aucun titre un matériau élastique, l'interposition de sable ne réalise en aucune manière un plancher flottant et par conséquent ne fait rien gagner (mise à part l'augmentation de masse) pour l'affaiblissement de transmission.

De même un plafond suspendu est une structure, forcément relativement légère, suspendue à la structure primaire par des liens élastiques (ressorts ou montage comportant une interposition de caoutchouc par exemple).

Il est plus difficile dans ce domaine, que pour les parois verticales d'approcher les conditions idéales dont nous avons parlé ; en effet :

- On ne peut guère écarter les structures de façon importante ;
- Les structures se portant nécessairement les unes les autres, leur couplage mécanique reste inévitablement non négligeable.

Est-il besoin de dire que les charges que constituent les structures flottantes ou suspendues ne doivent jamais conduire à dépasser le domaine d'élasticité des matériaux interposés, sinon l'indépendance des structures devient illusoire ?

En pratique on ne doit pas dépasser un écrasement des matériaux élastiques usuels de plus de 12 %. Cela signifie que pour

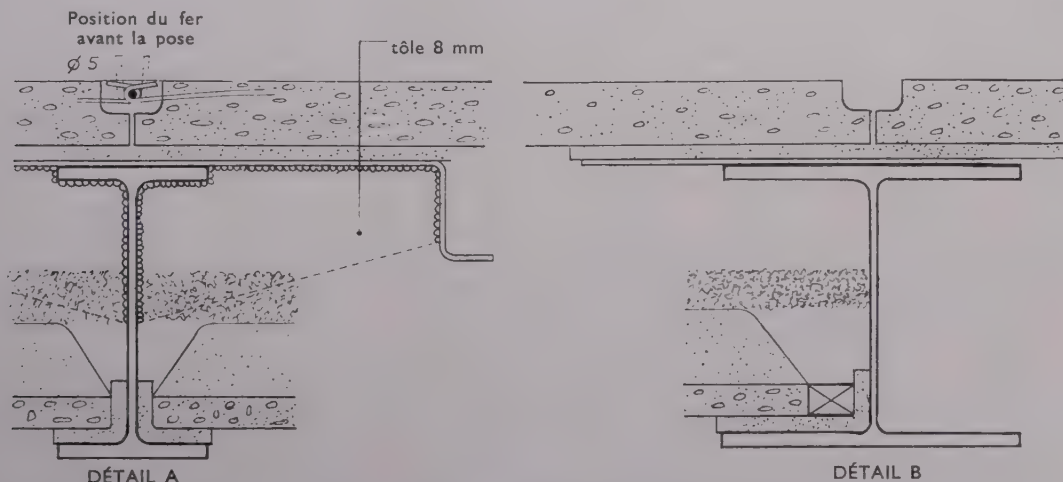


FIG. 9 bis. — Plancher flottant et hourdis suspendu.



des structures flottantes ou suspendues (qu'il est naturellement désirable d'avoir les plus lourdes possible), il faut choisir la nature, l'épaisseur et la disposition des matériaux élastiques, non seulement en fonction de leurs propriétés spécifiques, mais encore en fonction de la charge qu'ils peuvent supporter au  $\text{cm}^2$ , sans sortir de leur domaine élastique.

À la réalisation des parois enveloppes d'un local est liée la question des ouvertures et des points faibles :

— Par ouvertures, j'entends tous les défauts d'étanchéité qui peuvent exister aux encadrements de portes et de fenêtres ; j'entends aussi tous les percements plus ou moins imparfaitement rebouchés ou jointoyés.

— Par points faibles, j'entends les éléments de structure tels que les portes et fenêtres dont l'affaiblissement de transmission propre est très généralement inférieur à celui des parois dans lesquelles ils sont placés.

En ce qui concerne les ouvertures, s'il en est d'appréciables c'est-à-dire d'une surface de l'ordre de quelques centimètres carrés et au-dessus, on peut dire qu'elles anéantissent pratiquement toutes les dispositions d'isolement qu'on aura cherché à prendre en définissant les structures. L'intérêt est primordial, au point de vue de l'isolement phonique, de réaliser, en particulier pour les fenêtres, des joints d'encadrements aussi étanches que possible.

Lorsque les ouvertures sont très petites le résultat peut être moins fâcheux. En effet, il se produit au passage d'une onde acoustique par une très petite ouverture un effet de *diffraction* tout à fait semblable à celui qui se produit lorsqu'une onde lumineuse se présente devant une très petite ouverture. Il est d'autant plus marqué que l'ouverture est plus petite et que la fréquence est plus basse. Cet effet de diffraction s'interprète théoriquement comme une désadaptation d'impédance à la transmission, au passage de l'ouverture ; par conséquent, un affaiblissement, l'affaiblissement étant d'autant plus sensible que la fréquence est plus basse. On voit que les petites ouver-

tures seront moins nuisibles pour les fréquences basses que pour les fréquences élevées, ce qui est très heureux, les premières étant presque toujours, nous le savons, les plus importantes et les plus nuisibles ; l'affaiblissement sera d'autant plus important que l'ouverture sera plus petite : on démontre qu'on vérifie que, pour une surface totale donnée, l'affaiblissement de transmission à 200 p/s est amélioré de 5 dB, si, au lieu d'une seule ouverture d'un centimètre carré on a quatre ouvertures de 25  $\text{mm}^2$ .

En ce qui concerne les points faibles on peut déterminer l'affaiblissement de transmission global que donne une paroi ayant certaines caractéristiques dans laquelle est placée une structure plus faible (fenêtre par exemple). Le résultat dépend grandement du rapport des surfaces « bonne » et « mauvaise » et de la différence de leurs caractéristiques.

Le réseau de courbes que l'on peut voir sur la figure 10 donne pour divers rapports de surfaces le résultat en fonction des différences des caractéristiques de chaque élément ; on y voit combien l'affaiblissement total est diminué lorsque la surface faible est relativement importante (disons égale ou supérieure à 15% du total) et lorsque ses caractéristiques sont faibles.

C'est pourquoi il est si avantageux d'utiliser des doubles fenêtres. C'est pourquoi il est vain de construire des murs donnant un affaiblissement de transmission relativement élevé s'ils sont percés par des fenêtres faibles.

C'est ainsi par exemple qu'en montant une fenêtre double (affaiblissement moyen 26 dB) dans un mur de briques pleines de 11 cm (affaiblissement moyen 43 dB), en admettant une surface relative de 20 % on obtient un résultat global de 33 dB et en y montant un vitrage Aterphone type lourd 37 dB, on gagne beaucoup par rapport à un vitrage simple avec lequel le résultat global est 21 dB.

Mais il ne sert à rien de remplacer le mur en question par un mur de briques pleines de 22 cm. Les résultats globaux seront presque exactement les mêmes.

Donc, du point de vue de l'isolement phonique, il vaut beaucoup mieux n'avoir que des murs à caractéristique moyennes et des doubles fenêtres, que d'avoir des murs plus lourds et des simples fenêtres ; or la première solution n'est très généralement pas plus coûteuse que la seconde.

À titre d'exemple concret d'application de l'ensemble de ces idées voici les dispositions essentielles prises dans la réalisation de la Maison de la Radio de Paris, actuellement en construction :

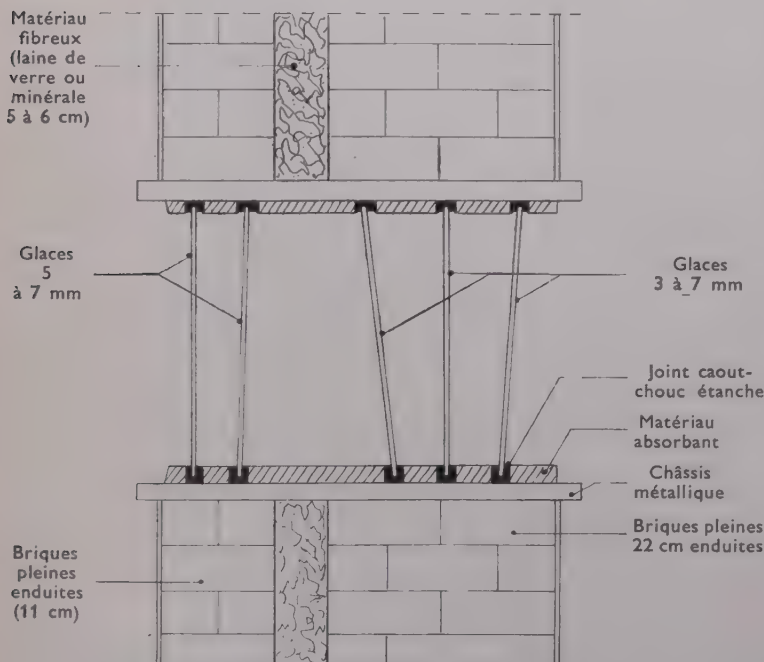


FIG. 10. — Mode de réalisation de principe d'une cloison double avec vitrages du type de celles réalisées dans les bancs d'essais de moteurs.

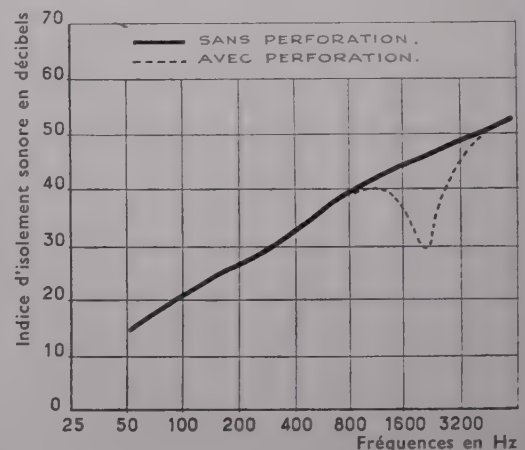
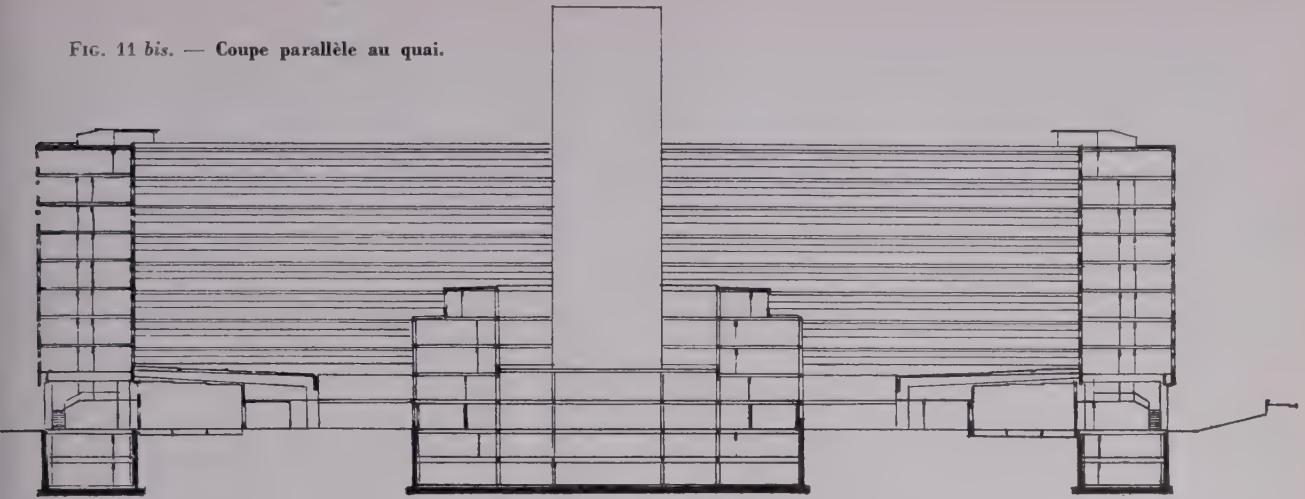


FIG. 11. — Influence d'un trou circulaire de 4 cm de diamètre sur la variation de l'indice d'isolement d'une cloison homogène et non poreuse de 6 cm environ d'épaisseur.



FIG. 11 bis. — Coupe parallèle au quai.



a) Une couronne extérieure de locaux d'usage commun (foyers, bureaux, etc...) forme écran entre les rues et la zone des studios.

b) Les studios sont constitués par des structures individuelles indépendantes placées dans une enveloppe protectrice générale avec laquelle ils n'ont aucun contact.

c) En ce qui concerne les grandes salles et les studios les plus nombreux et les plus importants, placés directement sous la couronne intermédiaire, au sol, leurs enveloppes, aussi bien sol que parois, reposent sur leurs assises par l'intermédiaire de matériaux élastiques convenables.

Les structures entre studios sont des structures lourdes, triples, entièrement indépendantes les unes des autres. L'affaiblissement moyen de telles structures est de 82 dB, chiffre assurément énorme, nécessité par l'importance du problème à traiter; on ne doit pas dans un studio soupçonner qu'un orchestre symphonique joue dans un studio voisin.

d) En ce qui concerne les petits studios d'information nécessairement placés dans les étages, il a été étudié une structure semi-lourde, double, dénie par la coupe de la figure 13 qui rend la boîte, cette fois-ci relativement légère, qui enveloppe le studio, entièrement indépendante du gros œuvre support. L'affaiblissement de transmission moyen correspondant est de 72 dB, chiffre encore considérable.

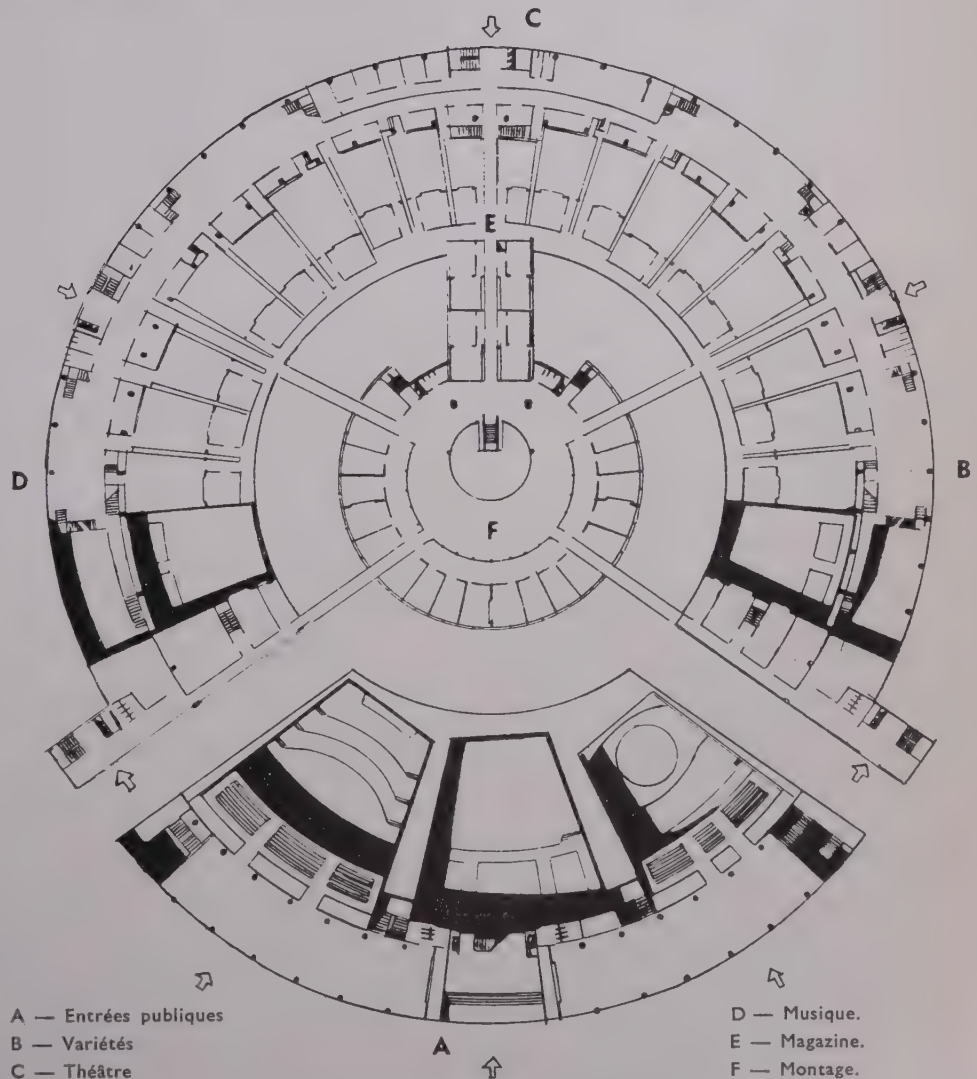


FIG. 11 ter. — Plan du rez-de-chaussée.



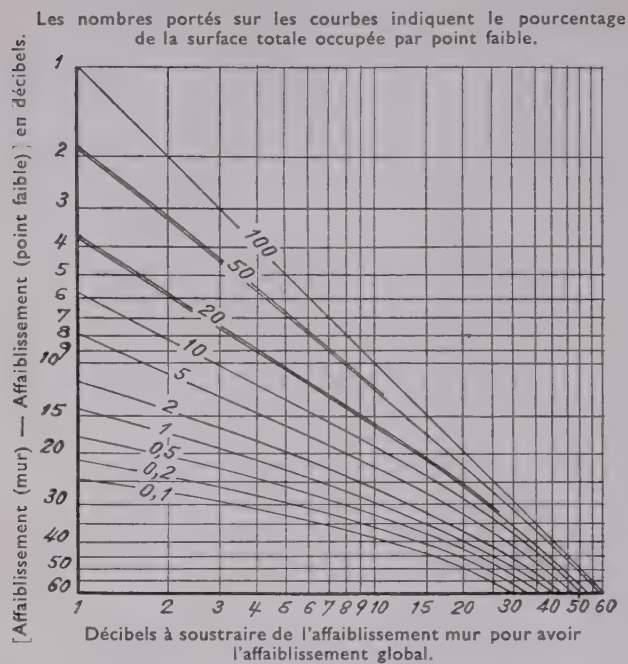


FIG. 12.

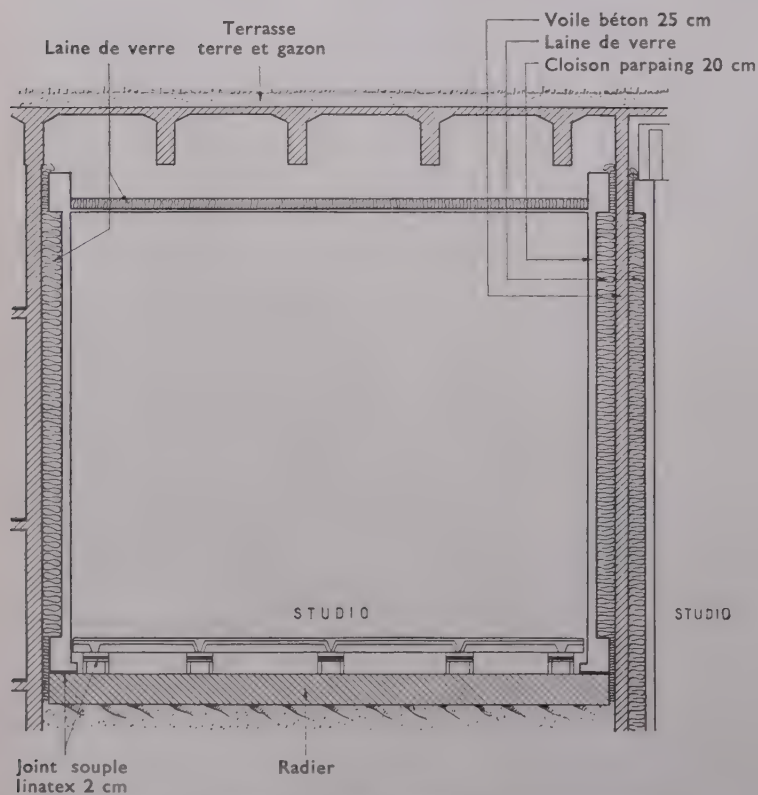


FIG. 13. — Maison de la radio. Studio à structure semi-lourde.

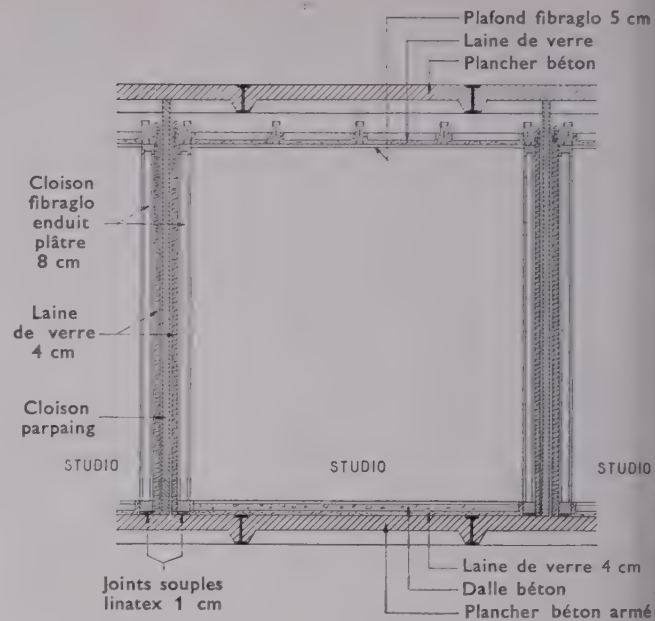


FIG. 14. — Maison de la radio. Studio à structure légère.

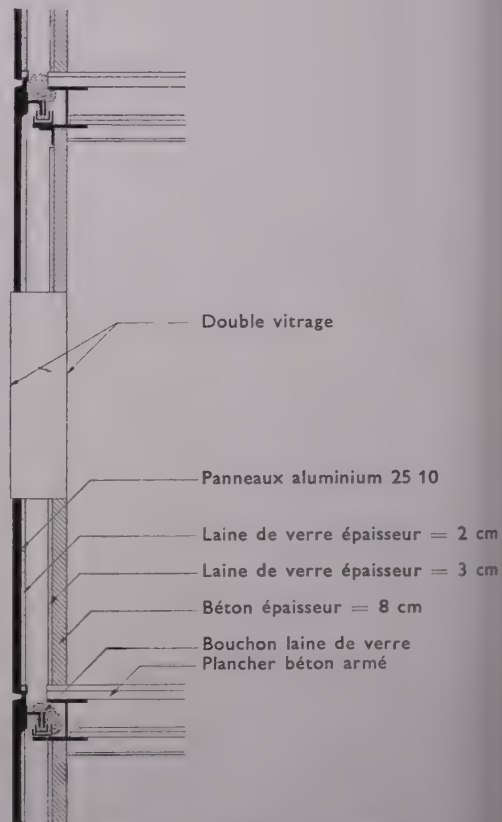


FIG. 15. — Maison de la radio. Coupe sur étage bureau.

e) En ce qui concerne les parois façades, il a été étudié des murs doubles comprenant une paroi extérieure métallique amortie, suspendue élastiquement, une paroi intérieure semi-lourde et une fenêtre à double paroi, l'affaiblissement global est un peu supérieur à 40 dB.

f) Enfin, en ce qui concerne les planchers courants ils comprennent à la fois une dalle flottante sur laine de verre et un plafond léger suspendu ; les affaiblissements moyens correspondants sont un peu supérieurs à 50 dB.

## V. — TRANSMISSION INDIRECTE

Nous avons déjà été conduits à aborder la transmission indirecte et à en décrire le mécanisme en exposant les conditions de couplage de deux parois.

Ce mécanisme de transmission et les conséquences qui en résultent sont naturellement tout à fait générales. Disons tout de suite que, si on ne prend pas dans les constructions de dispositions appropriées contre la transmission indirecte, il est absolument vain quelque disposition que l'on prenne ailleurs, d'espérer avoir en définitive des affaiblissements de transmission moyens supérieurs à 50 dB.

Lorsqu'on veut sensiblement dépasser ces résultats, il faut, de la même manière et pour les mêmes raisons qui ont été exposées tout à l'heure, établir des discontinuités aussi élastiques que possible dans les structures. Ces discontinuités doivent naturellement être *totales*, sous peine d'être absolument inutiles. Pour les établir il faut choisir des matériaux aussi élastiques que possible mais capables de supporter les charges auxquelles ils sont soumis sans déformations excessives. Il faut aussi, bien entendu, que ces matériaux soient placés de façon à ce que la stabilité ne soit pas compromise et il faut aussi que ceux de ces matériaux qui sont placés dans les zones inaccessibles ou dans des endroits délicats soient d'une conservation sûre.

## VI. — TRANSMISSION PAR CHOCS

Les chocs sont des ébranlements mécaniques directs des parois provoquant dans celles-ci une vibration à spectre toujours très complexe, vibration qui est normalement rayonnée sous forme d'onde acoustique par la surface de la paroi.

Ce mode d'attaque des parois étant particulièrement direct, les vibrations résultant des chocs sont souvent intenses et il est en conséquence spécialement difficile de s'en défendre.

Nous examinerons, dans cette catégorie de bruits deux exemples particuliers, habituels dans les constructions : les bruits de pas et les bruits provenant des canalisations et de leurs équipements.

A. — La transmission des bruits de pas dépend de la structure des planchers et de leurs revêtements de surface. Il existe pour l'étudier de façon objective les appareils à chocs normalisés sur le plan international ; les mesures, en vue de déterminer les caractéristiques d'une structure ou d'un revêtement de plancher, se font de façon relative par référence en général à une dalle de béton brut de 5 cm d'épaisseur.

— Bien entendu, dans le cadre de ce que nous savons déjà, la transmission est d'autant plus faible que la structure ébranlée a une impédance mécanique plus élevée, c'est-à-dire qu'elle est plus lourde.

— De même, dans le cadre de ce que nous savons déjà aussi, la transmission n'a de chance d'être sérieusement affaiblie dans le local à protéger que si, entre la structure attaquée et la structure enveloppe du local, il y a une coupure totale réalisant une désadaptation d'impédance importante, c'est-à-dire une coupure constituée par un matériau élastique. C'est à ce point de vue que les planchers flottants prennent une importance particulière. Par rapport à la structure de référence précitée, une structure double, dont l'élément plancher suffisamment lourd est flottant, peut donner un affaiblissement de transmission de 18 à 25 dB en moyenne, résultat très substantiel.

Enfin les revêtements de sols qui présentent une certaine élasticité absorbent une partie de l'énergie cinétique de choc par déformation et atténuent ainsi l'amplitude des vibrations provoquées dans la dalle elle-même.

A cet égard, par conséquent, les revêtements de sols rigides (carrelages, pierres, revêtements minces sans élasticité) ne procurent aucune atténuation ; ceux qui comportent une certaine élasticité (caoutchouc, ou une sous-couche quelque peu élastique : feutre, liège) donnent une atténuation de 3 à 6 dB dans les fréquences basses et de 10 à 12 dB dans les fréquences moyennes.

Les moquettes donnent un résultat un peu meilleur : 6 à 7 dB dans les fréquences basses, 14 à 15 dB dans les fréquences moyennes.

Les revêtements à sous-couche très élastique assez épaisse (type bullgomme) donnent les résultats les meilleurs : 7 à 8 dB aux fréquences basses, 20 dB aux fréquences moyennes.

On constate que, quel que soit le revêtement, l'atténuation de transmission à en attendre aux fréquences basses n'est jamais très grand. Il ne saurait par conséquent se substituer valablement à la réalisation d'un sol flottant lorsqu'on recherche une atténuation vraiment substantielle des bruits de pas.

Notons en passant que la dalle-plancher rayonne bien entendu aussi dans le local dont elle constitue le sol ; si donc son ébranlement est atténué par un revêtement bien choisi, le niveau de bruit dans le local même sera notablement diminué.

B. — En ce qui concerne les bruits causés par les canalisations ils prennent naissance essentiellement de trois manières :

a) Les écoulements dans les tuyauteries au lieu de se faire suivant un régime laminaire, se font très habituellement suivant un régime turbulent. Je rappelle que les écoulements laminaires sont ceux dans lesquels les veines de fluide s'écoulent parallèlement les unes aux autres, régulièrement, dans la direction générale de la propagation, ce régime ne donnant lieu à aucun bruit.

Au contraire l'écoulement turbulent est celui dans lequel les particules de fluide, quoique entraînées dans un mouvement général orienté, se déplacent individuellement dans des directions quelconques. Ce régime donne lieu à des chocs sur des parois donc à des bruits.

On passe du régime laminaire au régime turbulent en fonction de la vitesse ; or la vitesse dans les canalisations est en général de l'ordre de 2,5 m/s correspondant à un régime turbulent.

b) La fermeture plus ou moins brusque des robinets provoque une discontinuité de pression qui se traduit par une onde de choc communément appelée coup de bélier. Ce choc ébranle naturellement les canalisations et se traduit par un bruit. On s'y oppose efficacement en mettant un dispositif qui permet à cette onde de choc de se détendre ce qui en diminue considérablement l'amplitude.



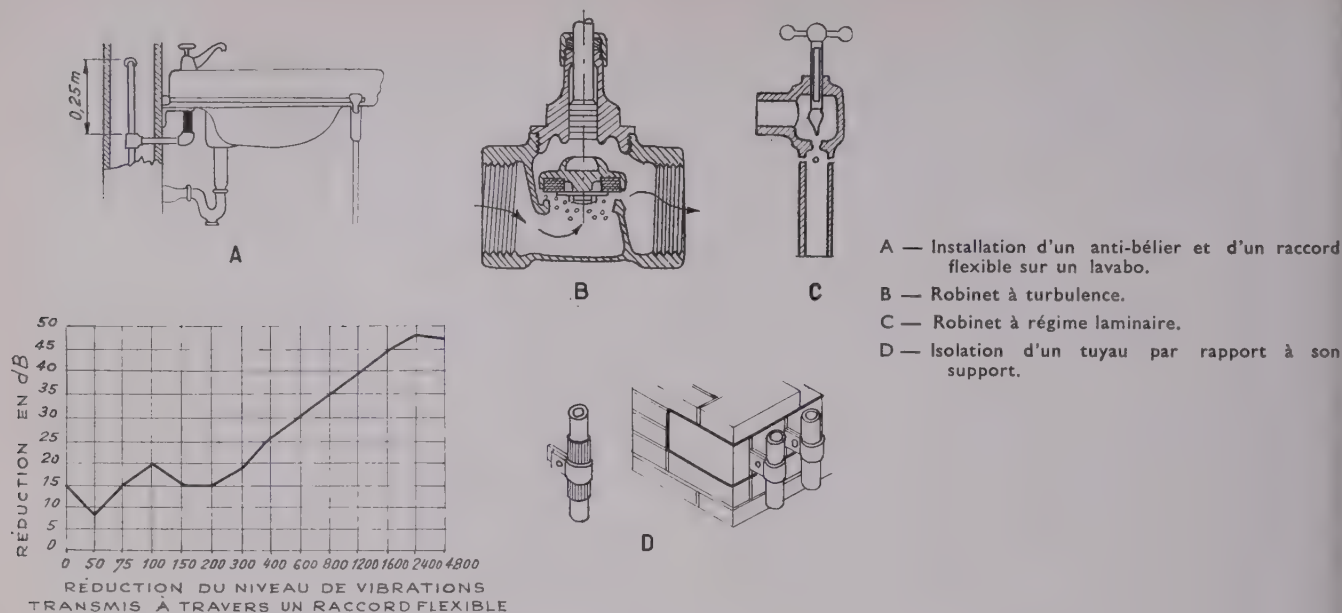


FIG. 16.

c) Enfin dans beaucoup de dispositifs de robinets, l'étranglement d'ouverture est disposé de façon telle qu'il y a des zones de faible pression et de grande vitesse.

Il se produit alors des décollements dans la veine du fluide ce qui est proprement la cavitation. Les bulles gazeuses qui en résultent traversent de façon turbulente l'étranglement, ce qui donne un bruit important. Il existe des types de robinets dont la structure est telle que, sur l'étranglement d'ouverture et en tous les points, une pression appréciable est toujours maintenue; une telle disposition évite la cavitation. Il faut bien entendu préférer ces robinets silencieux aux autres.

Il y a, en tout état de cause, intérêt à atténuer la transmission de l'ébranlement causé par ces chocs à l'ouverture des robinets à l'ensemble du réseau de canalisation; à cette fin, il est utile de disposer, entre la canalisation et son appareillage terminal, un manchon en matériau élastique (type caoutchouc) qui d'une part joue ce rôle et d'autre part se prête à une certaine détente de l'onde de choc-coup de bélier.

En outre, même lorsqu'on a pris ces dispositions, il est très important d'éviter que les vibrations mécaniques de la paroi des canalisations soient transmises à la structure de la construction; les principes des procédés à utiliser à cet effet sont ceux que nous connaissons bien :

— D'abord se fixer les préférences sur des éléments de structure à forte impédance, c'est-à-dire lourds.

— Ensuite interposer entre la canalisation et la structure une désadaptation d'impédance, c'est-à-dire un matériau élastique ou, en d'autres termes, réaliser des fixations élastiques.

## VII. — CONDUITS DE VENTILATION

Les gaines de ventilation, souvent de section importante surtout lorsqu'il s'agit de gaines de climatisation, sont non seulement des points faibles au sens où nous l'entendons tout à l'heure, mais de véritables guides des bruits :

— D'une part, produits par la source qui les alimente.

— D'autre part, reçus à travers leurs parois sur leur trajet.

Au premier titre, le problème est donc d'affaiblir la transmission du bruit sans faire obstacle à la circulation de l'air.

Au second titre, le problème est d'éviter que les gaines recueillent des bruits extérieurs.

a) Pour résoudre le premier problème, on dispose de deux moyens qu'il convient d'ailleurs d'employer à la fois.

Tout d'abord créer un affaiblissement par absorption tout le long de la gaine. Lorsqu'on habille les faces intérieures d'une gaine d'un matériau absorbant (l'absorption se faisant soit par frottement dans les pores d'un matériau poreux — type feutre, laine de verre, etc.; pour les fréquences moyennes et élevées, soit par déformation d'une membrane amortie pour les fréquences basses), on a un affaiblissement de transmission donné sensiblement par la formule :

$$N \text{ en dB} = 15 \times \alpha \times 1,4 \frac{P}{S} L$$

P étant le périmètre en cm.

S — la section en cm<sup>2</sup>.

L — la longueur en m.

$\alpha$  le coefficient d'absorption du matériau.

Pour avoir un affaiblissement important, il faut donc :

— Avoir un périmètre utile aussi grand que possible par rapport à la section. Comme le rapport  $\frac{P}{S}$  croît lorsque la section décroît, il est intéressant de diviser la section nécessaire en plusieurs canaux. En pratique, on arrive assez facilement à des affaiblissements de transmission allant de 3 à 6 dB par mètre aux fréquences moyennes et élevées; il est malheureusement difficile d'obtenir des résultats de cet ordre aux fréquences basses.

— Avoir un développement en longueur assez important.

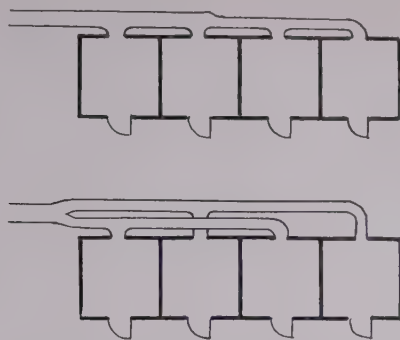


FIG. 17. — Disposition de principe dans la distribution d'air favorisant l'isolement entre locaux.

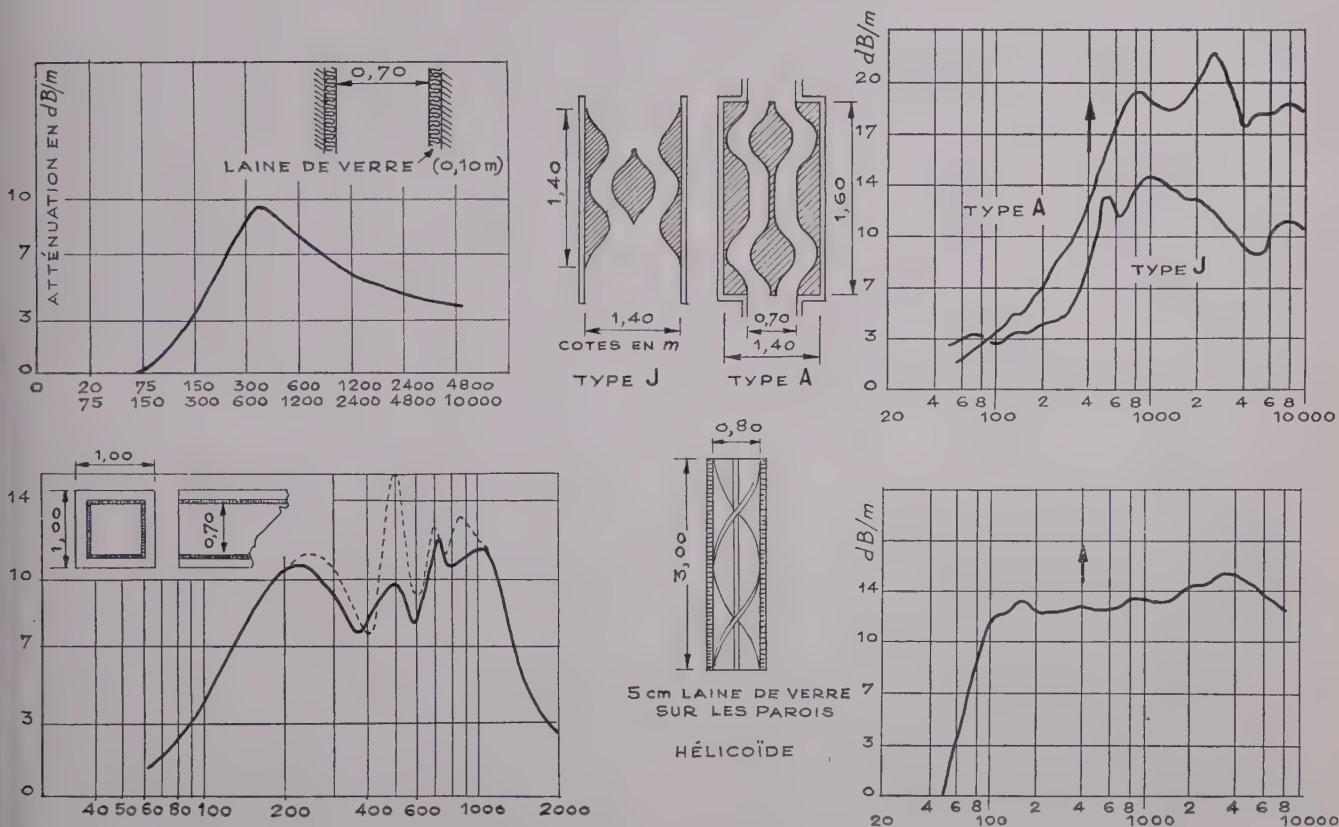


FIG. 18. — Affaiblissement apporté dans une gaine.

Encore faut-il bien entendu, que la transmission par les parois de la gaine, vibrant comme des parois toujours assez légères, ne vienne pas en quelque sorte court-circuiter l'affaiblissement de transmission dans la gaine; pour cela il convient, suivant ce que nous savons déjà, de couper la paroi rigide de la gaine de place en place et en particulier à son origine, près de la source, par les manchons élastiques.

Ensuite, on peut interposer sur le parcours de la gaine des filtres acoustiques; la conception de ceux-ci relèvent de trois idées directrices distinctes mais souvent combinées.

— Imaginer une disposition géométrique qui, dans une longueur « extérieure » donnée, comporte un parcours inté-

rieur beaucoup plus grand et une surface absorbante particulièrement grande : ce sont les filtres en chicanes, en zigzags ou en hélicoides. Ils peuvent donner d'excellents résultats (15, 20, voire 25 dB/m); ils sont cependant toujours plus efficaces aux fréquences moyennes et élevées qu'aux fréquences basses.

— Créer des désadaptations d'impédance acoustique par des changements de sections, de tels changements correspondant en effet à des variations d'impédance; ce type de filtres, tout à fait analogue dans son principe aux filtres électriques, se prête très bien au calcul et peut donc très bien être prédéterminé; on peut en construire de plus ou moins



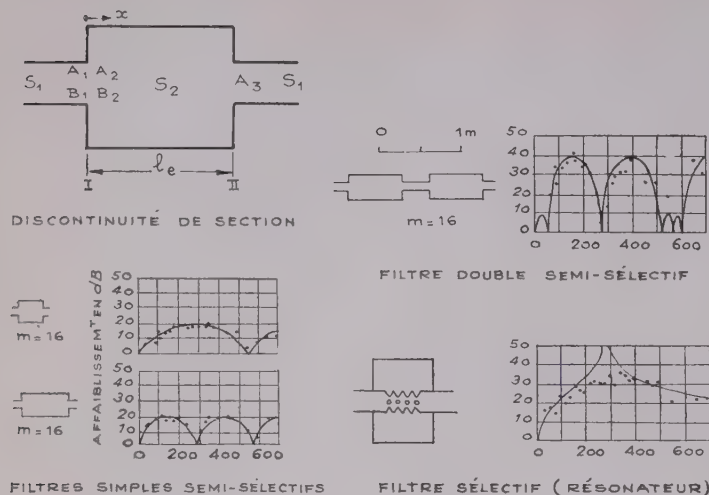


FIG. 19.

complexes, comme nous allons en voir quelques exemples; ils sont peu sélectifs. On peut obtenir, au moins dans certaines bandes de fréquences, des affaiblissements localisés de l'ordre de 30 à 40 dB.

— Utiliser la résonance; on prend pour cela des volumes quasi clos communiquant seulement avec la gaine par des trous ou des goulets, on montre que de tels systèmes appelés résonateurs sont des systèmes vibrants ayant une fréquence propre caractéristique (le goulet étant l'équivalent d'une masse  $m$ , le volume l'équivalent d'une raideur  $k$ ); s'ils sont convenablement placés, ils tendent à fixer l'énergie contenue dans le spectre du bruit dans une bande étroite voisine de leur fréquence de résonance et s'il leur est associé un matériau absorbant, ils dissipent cette énergie de façon très efficace. Ces dispositifs sont évidemment très sélectifs.

On peut associer en un même montage plusieurs de ces types de filtres; il faut souligner que :

— On doit les déterminer en fonction du spectre du bruit dont on a à se protéger; c'est particulièrement évident pour le troisième type.

— On ne doit pas les placer n'importe où :

— D'une part, pour qu'il ne soient pas court-circuités par la pénétration des bruits ambiants, au-delà du filtre, à travers les parois de la gaine.

— D'autre part, parce qu'une gaine constituant en fait un tuyau sonore, il tend par le jeu des réflexions aux extrémités à s'y créer des systèmes d'ondes stationnaires avec nœuds et ventres de pression; or, si l'on place par exemple un filtre type résonateur en un point qui, pour la fréquence intéressée, correspond à un nœud de pression, il n'y aura là aucune énergie excitatrice, le résonateur ne vibrera pratiquement pas et le filtre ne jouera aucun rôle. Ce type de filtre doit être placé au voisinage d'un ventre de pression, de préférence au voisinage du premier ventre à partir de l'extrémité.

En principe, la meilleure disposition d'ensemble est de disposer un filtre efficace à la sortie du local-source et un filtre efficace à l'entrée du local à ventiler, la gaine entre ces deux points étant raisonnablement absorbante.

b) Pour éviter que les gaines ne recueillent des bruits extérieurs il convient :

— Qu'elles ne traversent pas de zones bruyantes.

— Que leurs parois, quoique généralement légères, soient d'une structure donnant un affaiblissement de transmission raisonnable (au moins 25 dB moyen).

— Qu'il ne leur soit pas transmis de vibrations mécaniques, ce qui implique qu'elles soient fixées aux parois supports par des suspensions élastiques.

Notons enfin que la sortie de l'air aux bouches de soufflage peut donner naissance à un bruit (bruit de tourbillons et de biseau) dont l'apparition et le niveau dépend de la vitesse. Sauf dispositions très spéciales des bouches (qui doivent faire l'objet d'un contrôle expérimental préalable), il convient de ne pas dépasser aux bouches de soufflage une vitesse de 4 m/s.

## VIII. — ISOLATION CONTRE LES VIBRATIONS DES MACHINES

Un type de bruit particulier est celui qui résulte de la transmission indirecte des vibrations communiquées à la structure par les machines dont le fonctionnement même s'accompagne d'ébranlements périodiques.

Pour diminuer ces vibrations, l'idée directrice est de constituer avec la machine un système dont les caractéristiques soient telles qu'il réponde mal aux sollicitations périodiques dont il est l'objet. En se reportant au niveau de courbes fondamental qui donne la réponse d'un système vibrant soumis à l'action d'une force périodique, on voit qu'il en sera ainsi si la fréquence propre du système est *beaucoup plus basse* que celle de la force.

Si donc avec la machine, alourdie, s'il est besoin, par massif reposant sur un dispositif élastique, on constitue un système vibrant ( $m, k$ ) à fréquence propre suffisamment basse, on n'appliquera à la structure du bâtiment que des vibrations de très petite amplitude.

Bien entendu — et là est la difficulté — il faut que deux conditions soient remplies :

a) La première est que l'on ait vraiment un système vibrant, c'est-à-dire que le dispositif élastique ne soit pas chargé au-delà de sa limite d'élasticité. C'est trop souvent que cet impératif élémentaire est perdu de vue et que l'on voit, sans réflexion, construire en montages prétendus élastiques des massifs si lourds que le matériau interposé a largement dépassé l'écrasement maximum qui correspond à sa limite d'élasticité; dans ce cas, le résultat est nul; tout ce passe comme si la machine était directement fixée sur la structure avec laquelle son support fait, en réalité, corps. Or il existe des données précises, cataloguées, qui donnent pour divers matériaux (feutre, liège, caoutchouc divers, certaines laines de verre, etc...), en fonction de l'épaisseur, et pour divers dispositifs élastiques (ressorts) les limites de charge à ne pas dépasser.

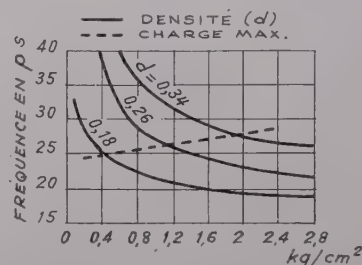
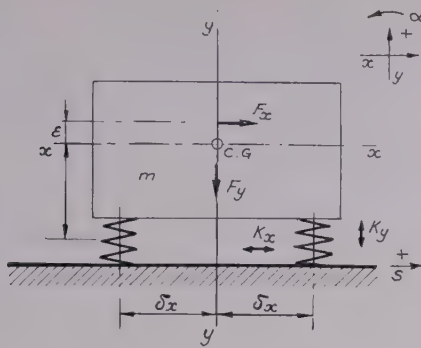
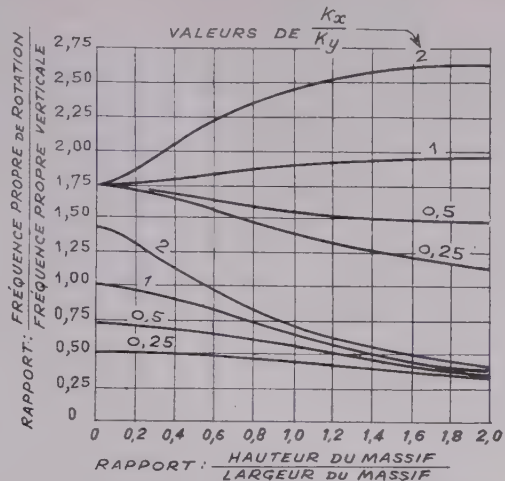


FIG. 20. — Fréquences propres en fonction de la charge pour des feutres de diverses densités et de 2,5 cm d'épaisseur.

A titre d'indication notons que lorsque les charges ne sont pas très lourdes et lorsque la fréquence propre à obtenir n'est pas très basse, des matériaux du genre de ceux que nous venons de citer peuvent convenir; lorsque les charges sont fortes ou que la fréquence propre à obtenir est très basse, il faut faire appel à des ressorts.

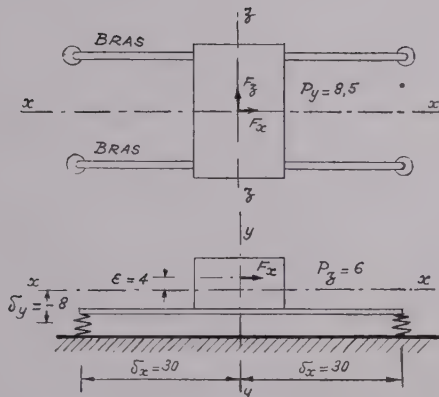


Vue d'un massif reposant sur des supports élastiques aux quatre coins.

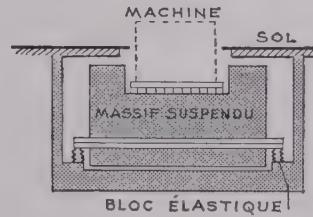


Rapport des fréquences propres, verticale et de rotation.

FIG. 21.



Montage avec blocs élastiques à l'extrémité de longs bras.



Montage en massif suspendu abaissant le centre de gravité.

FIG. 22.

b) La seconde est que la fréquence propre du système soit vraiment *beaucoup plus basse* que la fréquence des ébranlements. Ici, aucun empirisme n'est permis; si cette condition n'est pas remplie, le résultat est désastreux, en effet : on a une amplification voire une résonance et la situation est plus mauvaise, voire beaucoup plus mauvaise que si l'on avait rien fait.

Il faut donc d'une part, s'inquiéter de la fréquence des vibrations périodiques produites par la machine.

Il faut d'autre part déterminer la ou les fréquences propres du dispositif envisagé; il y en a en effet, non pas une seule, correspondant à un mouvement vibratoire vertical simple, comme une approximation, cause de graves erreurs, le fait croire trop souvent, mais plusieurs correspondant aux divers mouvements vibratoires possibles, généralement vertical, horizontal et de rotation autour d'un axe. On peut si l'on connaît la masse du système, la forme du massif, la position du centre de gravité de l'ensemble, la position des dispositifs élastiques et leurs caractéristiques élastiques, écrire les équations qui donnent ces trois fréquences propres.

Dans le cas le plus général, ces équations sont d'un manie- ment incommode et les variables ne peuvent être séparées. Notons cependant qu'il est très courant que des fréquences propres correspondant aux modes de vibration autre que le mode vertical soient les plus élevées; or il faut *absolument* que *toutes* les fréquences propres soient beaucoup plus basses que la fréquence des ébranlements. Notons aussi que les coefficients d'élasticité  $k$  qui s'inscrivent dans ces équations sont les coefficients d'élasticité dynamiques et non les coefficients d'élasticité statique, les premiers étant très généralement sensiblement plus grands que les seconds.

On simplifie les équations en multipliant les symétries dans le montage.

On les simplifie bien plus encore en réalisant un montage symétrique dont le centre de gravité soit dans le plan des dispositifs élastiques. Les variables sont alors en effet séparables et on obtient très aisément la valeur des fréquences propres. Ce type de réalisation diminue du reste les fréquences propres correspondant aux mouvements vibratoires autres que le mouvement vertical.



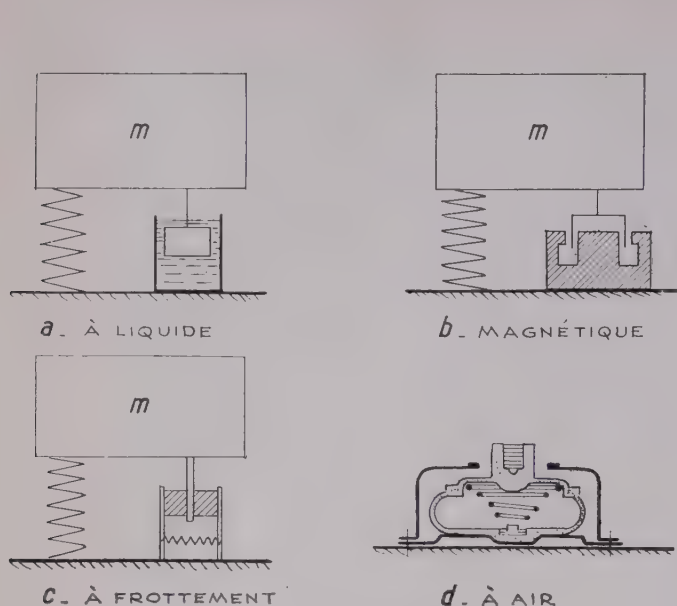


FIG. 23. — Amortisseurs.

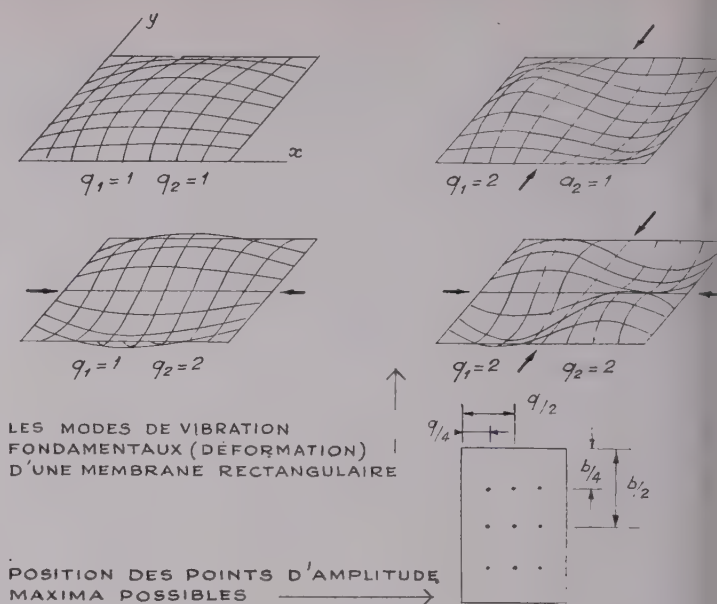


FIG. 24.

De là, l'intérêt des socles suspendus de façon à ramener le centre de gravité dans le plan des suspensions; de là aussi, l'intérêt d'avoir des socles relativement lourds par rapport aux machines et de hauteur relativement faible de façon à se rapprocher de façon souvent suffisante de cette situation idéale.

Il existe des catalogues très importants décrivant un grand nombre de dispositifs élastiques et donnant la charge maximum qu'ils peuvent supporter et leurs caractéristiques d'élasticité dynamiques dans le sens vertical et dans le sens horizontal.

Notons enfin qu'il peut être quelquefois intéressant de faire intervenir un amortissement; certaines machines, en effet, entre le démarrage et la marche en régime, produisent des vibrations de fréquence croissante; on passe donc à un instant donné par la coïncidence avec la fréquence propre du système, c'est-à-dire par la résonance; il est alors très important que l'amortissement soit grand pour que ce passage ne soit pas désastreux. Les matériaux élastiques en couche ont tous un amortissement très petit; les montages à ressorts peuvent au contraire être associés avec des dispositifs d'amortissement dont voici quelques exemples.

Il faut aussi souligner que les machines ainsi isolées ne doivent transmettre directement leurs vibrations à la structure par aucune autre voie; toutes les canalisations qui peuvent leur être liées ne doivent donc leur être attachées que par l'intermédiaire de manchons élastiques.

## IX. — AMORTISSEMENT ET ABSORPTION

Pour être complet, nous devons mentionner les procédés d'amortissement :

— Au sens exact du mot — des vibrations d'éléments légers tels que des capots de machines, des tableaux de contrôle ou de signalisation, des panneaux métalliques divers. De tels éléments excités de façon quelconque (vibrations complexes, chocs, etc...), tendent à vibrer sur leurs fréquences propres; sur les plus basses de ces fréquences propres, l'amplitude de ces vibrations peut être importante et par conséquent le niveau de bruit rayonné.

Si ces éléments ne sont pas du tout amortis, ces phénomènes peuvent être très gênants et durer plus ou moins longtemps. Si on augmente l'amortissement, on diminue notablement l'amplitude de ces résonances et on diminue aussi très grandement la durée du bruit audible.

Pour y parvenir, on peut coller sur le panneau un matériau souple (feutre, isorel, liège, par exemple); ce matériau gêne et par conséquent diminue les déformations du panneau; l'amortissement est notablement plus grand lorsque cet effet s'accompagne d'un frottement, c'est-à-dire lorsque le matériau, gaufré, n'est collé qu'en quelques points et, entre ces points, frotte sur le panneau dont il ne suit pas ou suit mal les déformations.

On peut aussi, aux points de maxima possible, correspondant aux fréquences propres les plus basses, points qu'on peut du reste rechercher expérimentalement avec un détecteur de vibrations, disposer des systèmes liés à fréquences propres beaucoup plus basses qui jouent alors un rôle particulièrement efficace, se comportant tout à fait comme les systèmes de suspension de machines dont nous venons de parler; ils diminuent de façon considérable les amplitudes de vibrations et, lorsqu'ils sont judicieusement placés, donnent des résultats étonnants.

Enfin, il nous faut noter une dernière ressource qui, dans certaines constructions achevées, est malheureusement souvent la seule. Lorsqu'on a dans un local une certaine puissance sonore, le niveau de bruit qui s'établit dépend du temps de réverbération de ce local; on appelle *temps de réverbération* d'un local le temps qu'il faut pour, qu'après l'arrêt de la source, on ne perçoive plus le son; ce temps d'un petit local traité acoustiquement à un grand local nu peut aller de 0,4 s à 7 ou 8 s et même davantage; on montre dans l'étude de l'acoustique interne des locaux — sujet qui sort de notre cadre de ce soir et nous entraînerait trop loin — que le niveau de bruit correspondant à une puissance donnée dans un local dépend directement de ce temps de réverbération. Or, on peut diminuer celui-ci en traitant intérieurement le local en plaçant sur ses parois des matériaux absorbants convenables. Entre un local nu et un local fortement traité ainsi, on peut avoir une diminution du niveau de bruit final de 4 à 8 dB, ce qui est très appréciable.

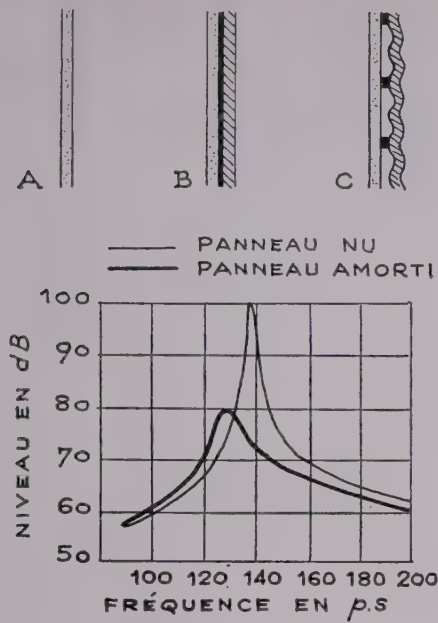


FIG. 25. — Réduction de niveau obtenue par l'amortissement d'un panneau mince (feuille de métal de 2 mm).

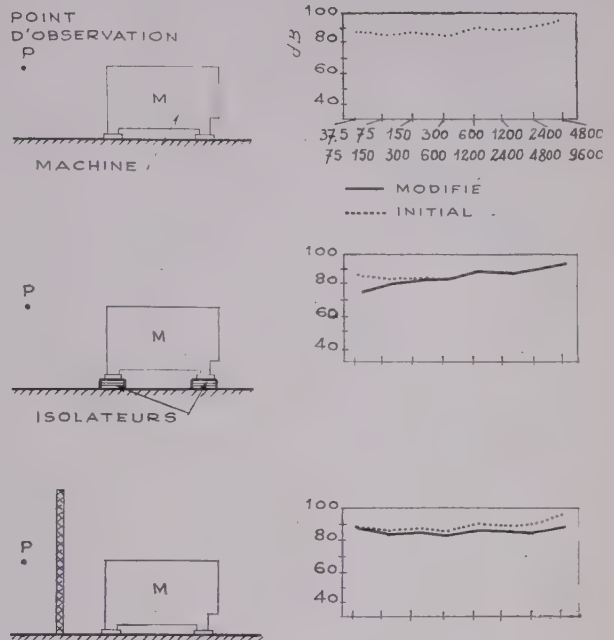


FIG. 27. — Évolution d'une isolation.

# AMORTISSEUR SÉLECTIF LOCALISÉ.

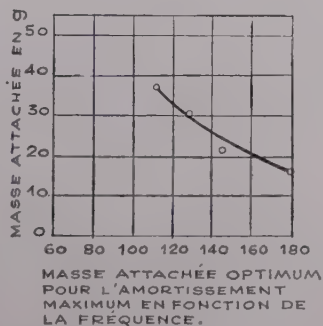
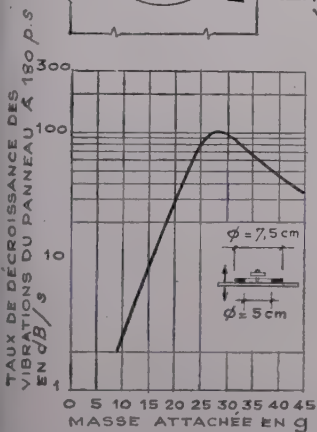
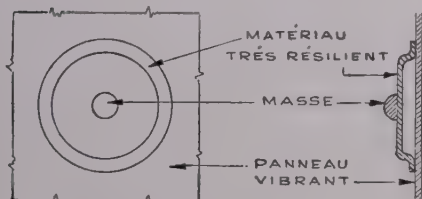


FIG. 26.



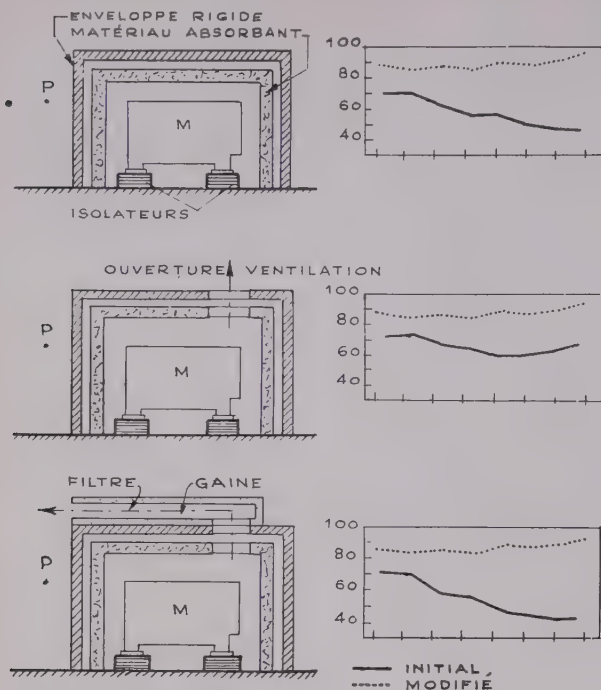


FIG. 28. — Évolution d'une isolation (suite).

Ayant ainsi fait le tour des principaux types de bruits, de leur mode de propagation et des dispositions de défense correspondantes est-il besoin de dire que :

a) Il faut traiter de façon homogène les différents problèmes de bruits qui concourent aux résultats finals; rien ne sert ou presque de prendre sur un point une disposition judicieuse si on en néglige un autre ou si on ne le traite pas avec le même ordre de grandeur d'efficacité. C'est souvent par une erreur de cette espèce, soit dans la conception, soit dans l'exécution, que des efforts méritoires se trouvent pratiquement ruinés.

b) Il est extrêmement avantageux, parce que plus efficace et plus économique, d'appliquer tous ses efforts à réduire les bruits à leur source en y utilisant toute la gamme des ressources que nous avons passé en revue :

- Choix de la source.
- Coupure à la transmission des vibrations.
- Mise en boîte diminuant le niveau de bruits aériens transmis.
- Traitement intérieur de la boîte diminuant le niveau à sa naissance.
- Filtre acoustique.
- etc...

Voici un exemple d'un tel processus (fig. 27 et 28).

## CONCLUSION

J'ai terminé. Je voudrais vous avoir convaincus que, contrairement à une opinion trop répandue, la défense contre le bruit ne relève d'aucun empirisme, d'aucune recette, d'aucun hasard. Elle résulte de lois physiques, dans leur principe très claires, quelquefois difficiles à appliquer sans doute mais qu'il faut connaître et chercher à mettre en œuvre si on veut sérieusement obtenir un résultat.

## ANNEXE I

### STRUCTURES SIMPLES (Isolement en dB)

**Murs parpaings de ciment de 20 cm pleins; enduit ciment une face : 20 mm.**

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
59	45	47,5	60,5	63,5	66,5	72,5	440 kg

**Murs de briques de Vaugirard pleines sur 22 cm; enduit une face au ciment.**

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
57,5	44	48	55	61	65,5	71,5	440 kg

**Murs parpaings de ciment de 15 cm pleins; enduit ciment une face.**

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
56	51	45	50	56	65	70	340 kg

**Murs de Durisol de 20 cm; assemblage et remplissage au ciment; enduit une face ciment (copeaux de bois compressés assemblés ciment).**

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
53	48	42	49	58	60	63	330 kg

**Murs de Durot de 20 cm**, assemblage ciment, enduit une face au mortier bâtard (résidus de haut-fourneaux agglomérés pressés).

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
48	45	42	46	51	55	58	225 kg

**Eversith normal de 70 mm**; plaqué sur une face amiante ciment de 6 mm.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
35	36	28,5	32	35	38	45	65 kg

**Briques pleines de 11 cm**; enduit mortier bâtard une face : 15 mm.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
43	36,5	35	38,5	45,5	53	60,5	230 kg

**Fibragglo de 70 mm**; enduit au plâtre une face; 15 mm.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
36	31	30	35	38	44	46	75 kg

**Parpaings pleins de ciment de 10 cm**; enduit mortier bâtard une face : 15 mm.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
44,5	38,5	36	40	44,5	53	60	230 kg

**Fibragglo de 40 mm**; enduit au plâtre une face : 15 mm.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
33	22	25	32	37	40	43,5	50 kg

**Parpaings ciment pleins de 10 cm**; enduit au plâtre une face : 15 mm.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
43,5	38	36	39	44	52	57	220 kg

**Sub-matériau**; carreau de plâtre préfabriqué assemblé au plâtre liquide.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
32,5	30	29	33	35	33	38	58 kg

**Carreaux de plâtre de 50 mm**; enduit au plâtre une face : 15 mm.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
36,5	33	31	35	38	42	46	120 kg

**Samiex**; carreau de plâtre préfabriqué assemblé au plâtre liquide.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
32	22	28	30	32	38	46	55 kg

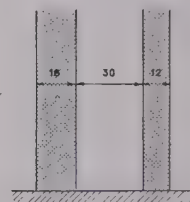


ANNEXE II

EXEMPLE DE PAROIS DOUBLES LÉGÈRES ET VITRAGES DOUBLES

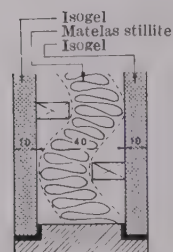
1. Contreplaqué latté de 18 mm peint. Contreplaqué ordinaire de 12 mm peint, séparés par Frigolit de 30 mm.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
25	15	18	20	25	34	35	16 kg



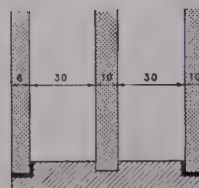
2. Isogil de 10 mm nature. Isolín de 10 mm peint. Écartement 70 mm avec matelas Stillite 40 mm entre deux papiers kraft.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
38	11	28	40	45	47	48	18 kg



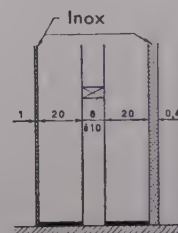
3. Isolín de 10 mm peint. Contreplaqué de 8 mm nature séparés par 60 mm laine de verre PB 152. Intercalaire en placoplâtre de 10 pour antifeu.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
37	18	23	38	47	46	46	19 kg



4. Tôle inoxydable de 1 mm. Tôle inoxydable de 0,4 mm. Chacune d'elles raidie par 20 mm isorel mou collé sur la tôle. Séparation 10 mm d'air.

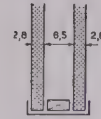
Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
38	23	24	30	44	52	53	16 kg



## VITRAGES DOUBLES

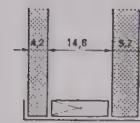
## Volume de Biver. Glace de 2,8. Glace de 2,8. Air 6,5 mm.

Moyenne	100 p/s	125 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
26	20	13	15	16	27	35	40	14 kg



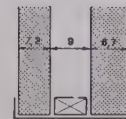
## Volume Aterphone Saint-Gobain. Glace de 4,2. Glace de 5,7. Air 14,6 mm.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
30	16	20	30	33	36	40	25 kg



## Volume Aterphone Saint-Gobain, type lourd. Glace de 7,2. Glace de 8,7. Air 9 mm.

Moyenne	100 p/s	200 p/s	400 p/s	800 p/s	1600 p/s	3200 p/s	P/m <sup>2</sup>
31,5	20	24	31	34	35	40	40,250 kg



M. Le Président. — J'avais bien raison d'évoquer en vous présentant M. Conturie ses qualités de clarté, simplicité, sens pratique. Nous remercions beaucoup notre conférencier de tout ce qu'il nous a dit et appris et si quelqu'un parmi vous veut intervenir, je lui donne la parole.

M. P. M. GAUTHIER. — La conférence de M. CONTURIE est très opportune au moment où le D<sup>r</sup> TRÉMOLIÈRE fonde la Ligue française contre le bruit. Il est assisté, dans son travail fort utile, par le D<sup>r</sup> DESSON, comme lui, de l'Académie de Médecine, qui s'occupera particulièrement de la question du bruit dans les constructions.

Elle coïncide aussi avec une initiative extrêmement louable du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment qui, dans le rapport qu'il vient de faire au Ministre et dont certains extraits viennent de paraître dans le *Moniteur des Travaux Publics*, demande l'amélioration de la qualité des logements en soulignant tout particulièrement les recherches pour l'amélioration de l'acoustique, et proposant des mesures pratiques et transitoires immédiates. Je crois qu'il est très utile que les maîtres d'œuvre, qui sont ici, sachent que le *Moniteur des Travaux Publics* a publié ce petit résumé et que le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment s'occupe de la question.

Si j'interviens ici, c'est parce que j'ai été désigné comme représentant des usagers dans une commission de productivité et que je pense qu'on devrait de plus en plus consulter un peu les usagers, les amener à donner leur avis car, nous qui sommes du bâtiment restons trop entre nous dans la profession, et prenons rarement l'avis des usagers. Or, l'usager, quand il s'agit d'une voiture automobile ou d'un appareil ménager, peut choisir; mais, pour le bâtiment, ce sera le bienheureux bénéficiaire de ces insuffisantes H. L. M., que nous allons avoir presque exclusivement, qui devra les accepter et les subir telles que certains d'entre nous les aurons faites. Il serait donc peut-être utile que les usagers fassent entendre leurs voix. Et là j'ai remarqué, précisément dans les publications actuelles du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, qu'on a commencé tout un travail d'enquête auprès des usagers, qui n'a sûrement pas nui à la valeur des recommandations que le Centre Scientifique et Technique a faites à notre Ministre du Logement.



*(Reproduction interdite.)*

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE  
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,  
6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS-XVI<sup>e</sup>.

5299-9-58, Typ. FIRMIN-DIDOT et C<sup>ie</sup>, Mesnil (Eure).  
Dépôt légal : 3<sup>e</sup> trim. 1958.

Série : **BÉTON PRÉCONTRAIT** (28)

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 7 JANVIER 1958

sous la présidence de **M. H. DOLLET**,

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées du Département de l'Ain



(Photo Larchevêque, Mésimieu, Ain.)

Fig. 1. — Ouvrage terminé. Vue en élévation.

## RECONSTRUCTION DU PONT DE CHAZEY SUR LA RIVIÈRE D'AIN

par **M. J. COURBON**,

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,  
Directeur des Études à la Société des Grands Travaux de Marseille

ASSOCIATION FRANÇAISE DES PONTS ET CHARPENTES

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS



## AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

*Vous allez entendre dans quelques instants un exposé de M. Courbon, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur des études à la Société des Grands Travaux de Marseille, sur la reconstruction du pont de Chazey sur la rivière d'Ain, dans le département de l'Ain.*

*Présenter mon camarade Courbon à cet éminent auditoire serait véritablement une gageure. Courbon est fort connu pour avoir, pendant trois lustres, appartenu à ce Séminaire, également fort connu, de la rue des Saints-Pères; je veux naturellement parler du Service Central d'Études Techniques. Il fait partie de la génération montante des grands constructeurs de ce monde et si, il y a quelques années, il entra à la Société des Grands Travaux de Marseille, je pense que c'est pour satisfaire plus complètement encore à sa vocation incoercible de grand bâtisseur.*

*Vous verrez ensuite un film du Service des Ponts et Chaussées du département de l'Ain. Autrefois, pour renseigner nos successeurs, nous faisons des dessins d'exécution et nous prenions des attachements. Aujourd'hui nous tirons de la pellicule... nous faisons d'ailleurs aussi des dessins et nous prenons aussi des attachements. Je vous recommande tout particulièrement quelques vues du début du film indiquant l'état dans lequel se trouvait l'ouvrage provisoire qu'il s'agissait de remplacer. Vous comprendrez alors, sans qu'il soit nécessaire d'insister, le désir que nous avons d'aller vite.*

*Cette rapidité d'exécution qui constitue un avantage considérable des procédés constructifs employés ne manquera pas d'être mise en relief par M. Courbon auquel je passe immédiatement la parole.*

### RÉSUMÉ

Le pont de Chazey est à trois travées symétriques de 41,20 m, 57,60 m et 41,20 m de portée et de hauteur variable. Le tablier est encastré sur les piles et repose sur les culées par des pendules en béton fretté, mais il est muni d'une articulation dans la travée centrale.

Le pont a été construit en encorbellements successifs à partir de chaque pile et sans cintre, sauf au voisinage des culées. Les piles sont en béton armé d'acier TOR et les culées comportent des murs de front et en retour supportant une couverture en béton armé; les fondations sont en pieux Soléanche forés.

Les poutres sont précontraintes longitudinalement par câble à sept torons de sept fils qui sont mis en tension successivement après durcissement de chaque tronçon des poutres.

### SUMMARY

The Chazey bridge is a symmetrical structure with three spans. The central span measures 187 ft. and the spans at each end 136 ft., 2 in. each. The bridge floor is fixed on to the piers and rests upon the abutments through steel banded concrete connectors. A hinge is provided in the central span.

The bridge was constructed by a system of successive cantilevers from each pier without the use of centering, except near the abutments. Piers are of concrete construction with TOR steel reinforcement, and the abutments have front and back walls supporting a reinforced concrete roof. The foundations are Soléanche driven piles.

The beams are longitudinally prestressed. Prestressing is provided by seven wire, seven strand cables subjected to tension successively after hardening of each beam section.

## EXPOSÉ DE M. COURBON

### AVANT-PROPOS

*La conférence que j'ai l'honneur de vous présenter ce soir a pour but essentiel de servir de préambule à la projection du film remarquable réalisé sous la direction de M. l'Ingénieur en Chef Dollet.*

*Elle comprendra trois parties : la description du projet, le système de précontrainte utilisé et l'exécution des travaux.*

### I. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Le pont de Chazey est un ouvrage en béton précontraint comportant trois travées symétriques. La portée de la travée centrale est 57,60 m ; celle des travées de rive 41,20 m. La largeur utile entre garde-corps est 12,50 m, avec une chaussée de 8 m pouvant être élargie dans l'avenir à 10,50 m.

Deux photographies montrent l'aspect de l'ouvrage terminé (fig. 1 et 2).



FIG. 2. — Ouvrage terminé. Vue de la rive.

(Photo Larchevêque - Méximieux, Ain.)



L'aspect est celui d'un pont classique à trois travées continues. En réalité, le pont de Chazey est un système hyperstatique assez différent d'une poutre continue, caractérisé par les particularités suivantes :

a) Le tablier est encastré sur les piles, elles-mêmes encastrées dans la fondation. Les piles jouent en quelque sorte le rôle de béquilles encastrées.

b) La travée centrale comporte en son milieu une articulation conçue pour ne transmettre que des réactions verticales.

c) Les travées de rive reposent sur les culées par l'intermédiaire de pendules en béton fretté.

Le système ainsi défini est trois fois hyperstatique.

Si l'on choisit pour inconnues hyperstatiques les deux réactions sur culées et la réaction transmise par l'articulation centrale, réactions toutes verticales, le théorème de réciprocité de Maxwell permet d'obtenir facilement et rapidement les lignes d'influence de ces réactions, et en conséquence le calcul complet de l'ouvrage. Notons que sous l'effet de la charge permanente (et plus généralement pour toute charge symétrique), le calcul de l'ouvrage n'exige la connaissance que d'une seule réaction hyperstatique, les réactions sur culées étant égales, et la réaction à l'articulation centrale nulle.

Ce système aussi inusité a été adopté essentiellement pour permettre de façon aisée la construction de la plus grande partie du tablier par encorbellements successifs à partir des piles en rivière, sans utilisation de cintres. Il n'est pas besoin d'insister sur l'intérêt de ce mode de construction sur une rivière aux crues fréquentes et rapides.

Le type d'ouvrage choisi présente également un certain nombre d'avantages pour la précontrainte. Le tracé des armatures est simple et ne comporte que des courbes à grand rayon. Pendant toute la construction en encorbellement, les déformations du béton sont entièrement libres, la précontrainte étant alors appliquée à un système isostatique. Enfin, l'appui simple sur culées permet de réaliser une compensation, en fixant la réaction d'appui lorsque le pont est vide. Cette compensation permet d'équilibrer les moments fléchissants de signe contraire dans la pile et de corriger les réactions sur culées consécutives à la mise en tension des dernières armatures de précontrainte (précontrainte appliquée dans ce cas à un système hyperstatique).

Notons enfin que le système est librement dilatable, donc insensible aux effets de la température et du retrait.

La figure 3 montre les dispositions d'une pile. Le fût de la pile en béton armé est constitué par une section rectangulaire évidée de 2 m d'épaisseur, revêtue d'un parement de moellons grossièrement têtus, en provenance des carrières de Rocheret, ce qui porte l'épaisseur totale de la pile en élévation à 2,50 m. Deux avant-becs triangulaires prolongent le fût de la pile. Les armatures verticales sont en acier Tor. Le fût de la pile est encastré dans un chevêtre de 2 m d'épaisseur et de 5,30 m de largeur. En plan, le chevêtre a la forme d'un rectangle terminé par deux demi-cercles ; il est exécuté à l'intérieur d'un caisson perdu, et repose sur six pieux Soletanche de 1 m de diamètre constituant la fondation proprement dite.

La figure 4 montre la conception des culées : un mur de front et deux murs en retour supportent un tablier en béton armé comportant une dalle et trois longerons

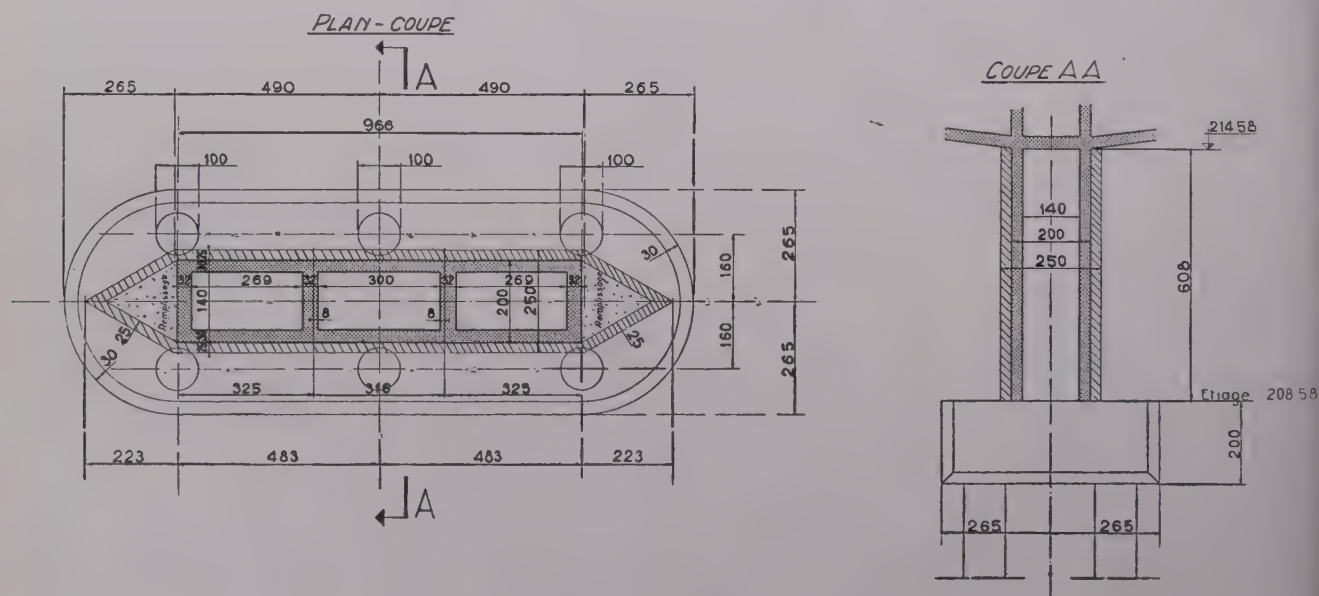


FIG. 3. — Coffrage des piles.

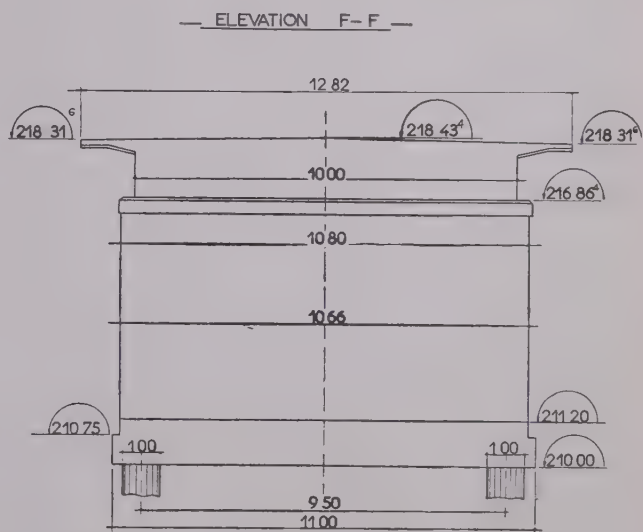
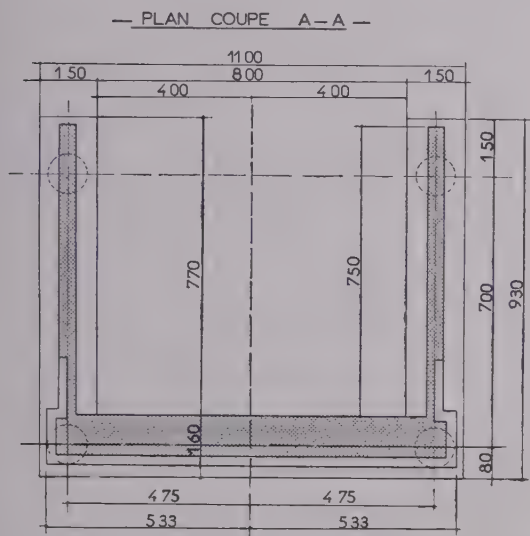
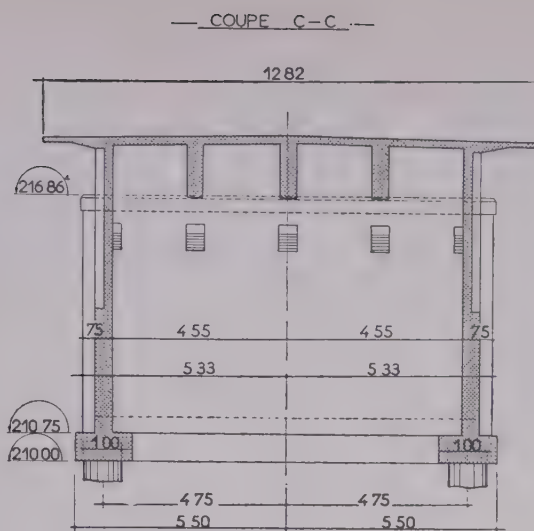
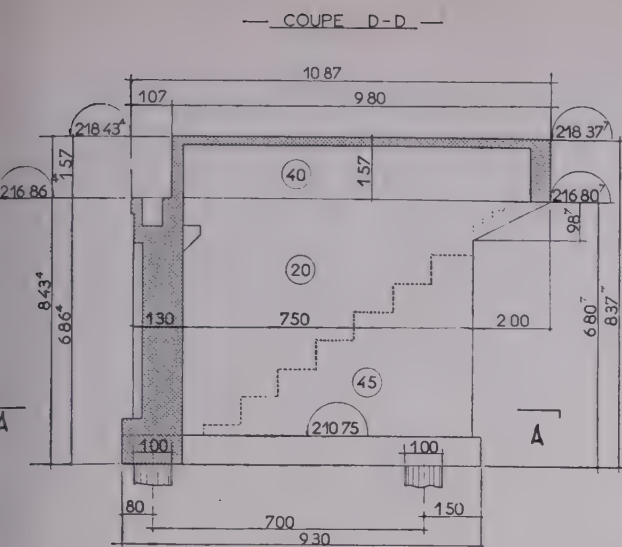


FIG. 4. — Schéma d'une culée.

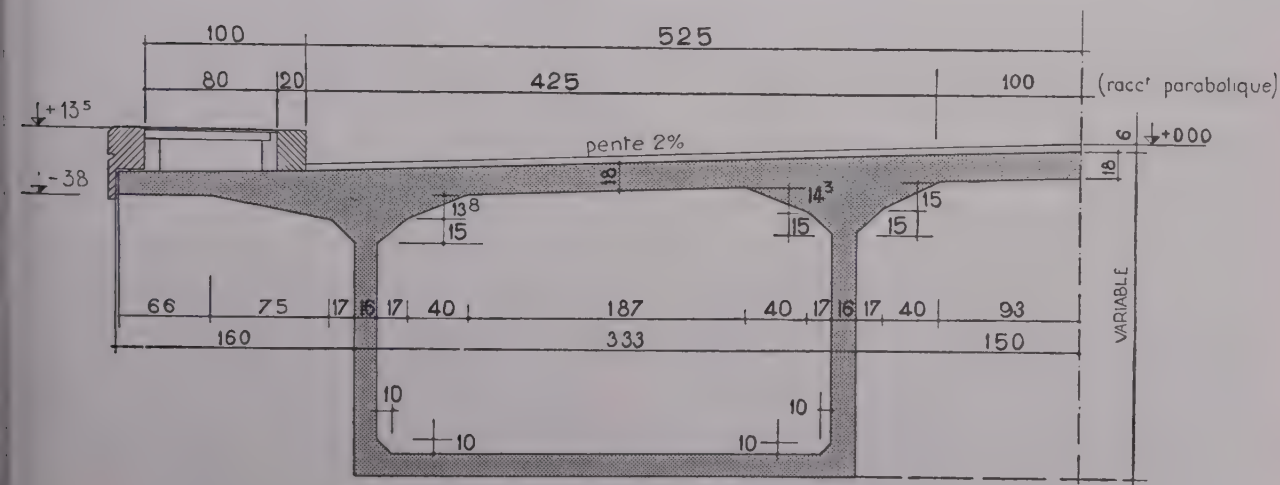


FIG. 5. — Demi-coupe transversale du pont.



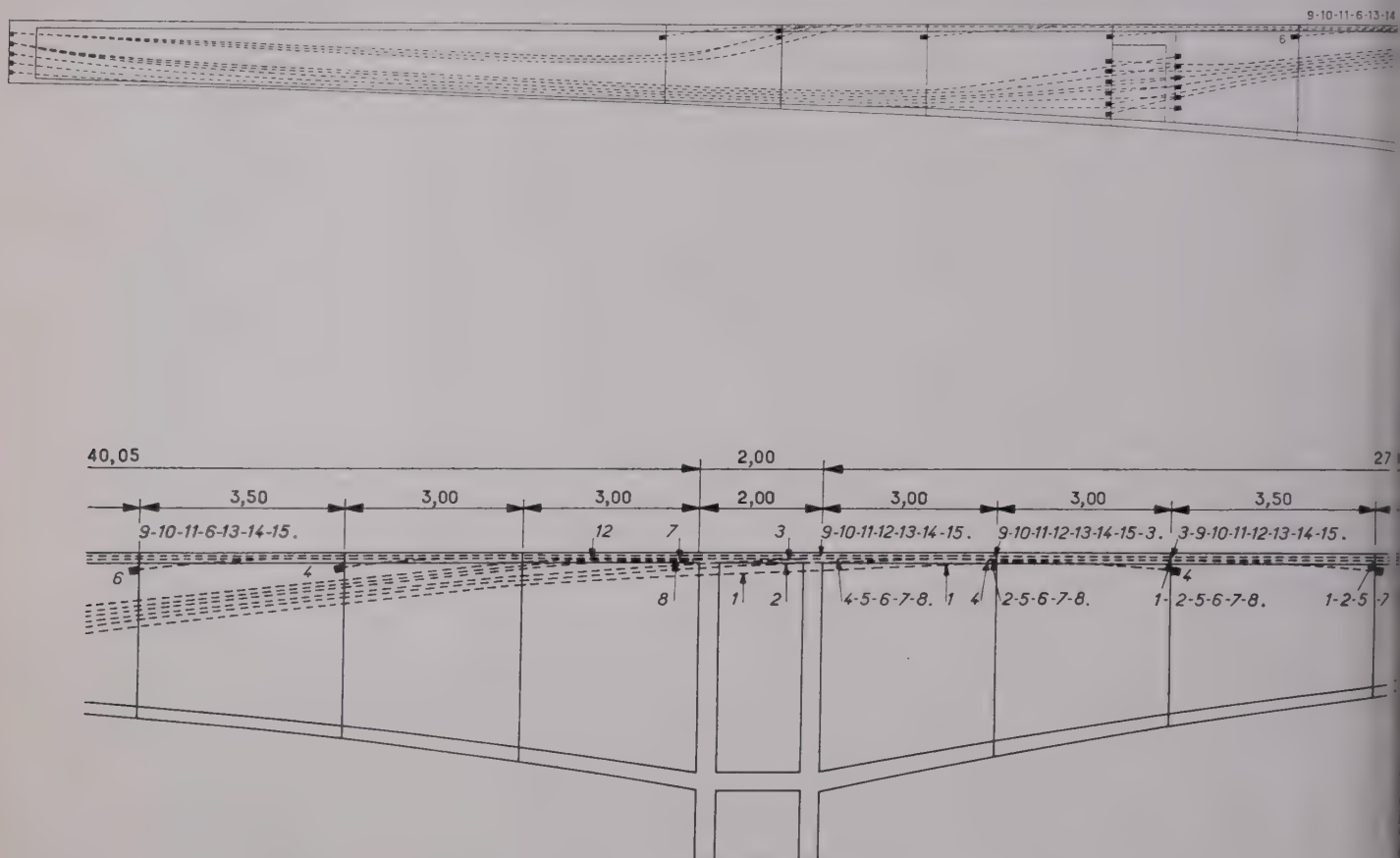


FIG. 6. — Coupe longitudinale du pont et détail de ferrailage sur appui.

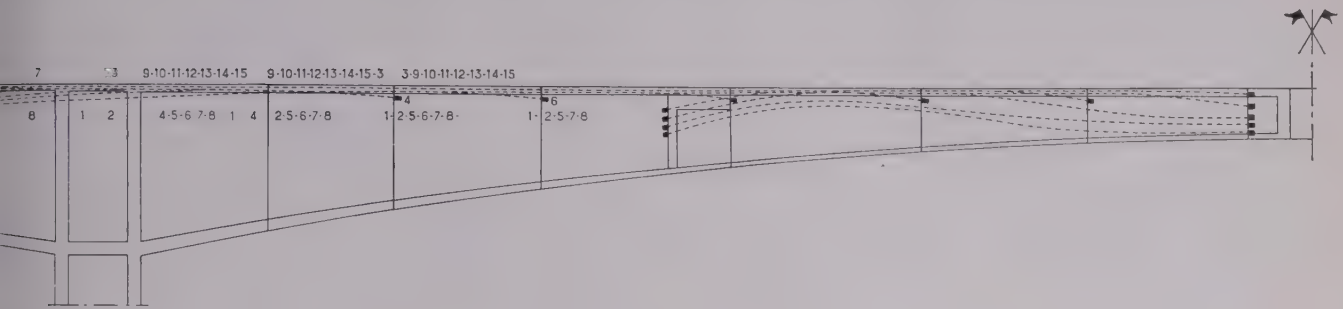
reposant sur le mur de front et sur une entretoise réunissant les deux murs en retour. Les parements vus sont revêtus d'un parement en moellons, identique à celui des piles. L'ensemble de la culée, en quelque sorte une boîte renversée, est fondé sur quatre pieux Soletanche de 1 m de diamètre. A l'intérieur des culées, les remblais en graviers de l'Ain ont leur talus naturel. On réduit ainsi le plus possible les efforts horizontaux sur les pieux.

La coupe transversale (fig. 5) comporte deux caissons de 3,33 m de largeur distants de 3 m. La dalle supérieure a 0,18 m d'épaisseur; elle déborde en porte-à-faux à l'extérieur des caissons de 1,60 m. La corniche préfabriquée est mise en place sur les bords de la dalle après achèvement de l'ouvrage. L'épaisseur des âmes verticales varie de 0,32 m au voisinage des piles à 0,16 m en partie courante; elle est portée à 0,50 m au voisinage des appuis sur culées. Les dalles inférieures

des caissons ont une épaisseur variant de 0,30 m au départ sur pile à 0,15 m.

La hauteur des poutres varie de 4 m sur les piles 1,50 m sur les culées et à 1,20 m à l'articulation centrale. Dans la travée centrale, l'intrados est constitué par un arc de cercle unique; dans les travées de rive, l'intrados est un arc d'hyperbole. Enfin, sur les 140 m de longueur de l'ouvrage, l'extrados est un arc de parabole de 0,20 m de flèche.

L'ouvrage est précontraint longitudinalement au moyen d'armatures de 65 t de la Société des Grands Travaux de Marseille. Il y a soixante-six armatures dans la section sur pile, quarante au voisinage de l'articulation et trente-six dans les sections d'appui sur culée (fig. 6). Toutefois, la partie centrale, sur 1,50 m de part et d'autre de l'articulation, est en béton armé, en raison de l'impossibilité de placer les vérins.

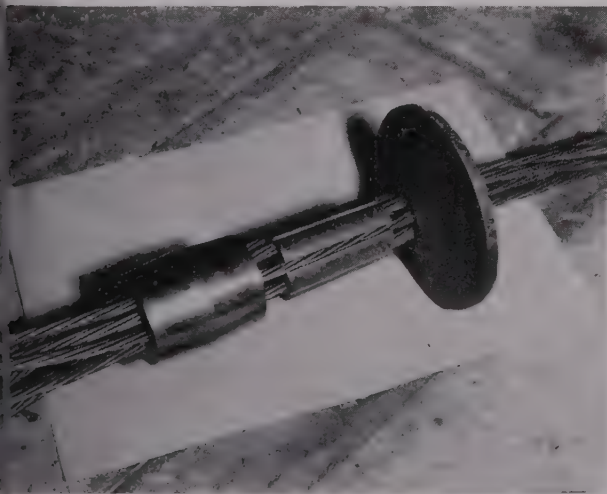


## I. SYSTÈME DE PRÉCONTRAINTE UTILISÉ

L'armature de précontrainte est constituée par un câble torsadé comprenant sept torons de chacun sept fils de 3,6 mm de diamètre et de nuance 160/180 fournis par les Tréfileries de Bourg. La section totale de l'armature est 498 mm<sup>2</sup>. La traction initiale est 65 t, et l'effort de rupture de 80 à 85 t environ.

Le câble constituant l'armature est constitué par sa grande souplesse qui permet une mise en place et une mise en tension très faciles.

Le câble est placé dans une gaine métallique noyée dans le béton; cette gaine doit présenter une raideur et une solidité suffisantes pour permettre un bétonnage facile.



(Photo H. Baranger.)

FIG. 7. — Ensemble des pièces de l'ancrage.



(Photo H. Baranger.)

FIG. 8. — Frette.

L'expérience de divers chantiers, et plus particulièrement de celui du pont de Chazey, a montré que les meilleurs résultats étaient obtenus, tant au point de vue de la facilité de la mise en place des armatures que du frottement des armatures dans les gaines, avec des tubes en feuillards d'acier Thomas doux, soudés par rapprochement, d'épaisseur 1,5 ou 1,75 mm (tube chauffé). Le diamètre intérieur du tube doit être 42 mm.

Mais la caractéristique originale de cette nouvelle armature réside dans son dispositif d'ancrage (voir fig. 7 à 11).





(Photo H. Baranger.)

FIG. 9. — Clavette neuve.



(Photo H. Baranger.)

FIG. 10. — Clavette usagée. On remarquera la pénétration des torons



(Photo H. Baranger.)

FIG. 11. Plaque d'appui.

L'ancrage est constitué par une frette cylindrique maintenant des clavettes en acier serrées sur les torons. La frette présente une surface intérieure cylindrique terminée par un évasement torique permettant l'introduction des clavettes. Elle est enfoncée à force (il faut une poussée de 30 à 40 t) sur les clavettes et exerce alors un serrage suffisant pour entraîner une pénétration dans le métal des clavettes. Les clavettes, en nombre égal à celui des torons, sont profilées suivant une surface extérieure cylindrique d'un diamètre légèrement supérieur au diamètre intérieur de la frette. Les clavettes reportent sur le béton la tension de l'armature par appui sur une plaque d'acier circulaire permettant la répartition sur une surface suffisante.

Cet ancrage possède une qualité remarquable : l'absence totale de glissement au moment de l'ancrage. En effet, après écrouissage de l'armature opéré en effectuant plusieurs tractions et relâchements successifs de l'armature jusqu'à obtenir une tension supérieure à la tension d'ancrage, l'armature est ramenée à la tension d'ancrage, les clavettes sont butées contre la plaque d'appui ; la frette est alors enfoncée sans qu'il y ait de mouvement relatif entre les torons et les clavettes. Il est donc possible de mettre en tension même des armatures courtes.

### III. EXÉCUTION DE L'OUVRAGE

#### A. Fondations

##### 1. Pieux Solétanche.

Les pieux, de 1 m de diamètre, moulés dans le sol, ont été exécutés par l'Entreprise Solétanche. Ils sont exécutés au trépan, avec circulation d'eau lourde. L'eau lourde colmate les parois, ce qui permet d'éviter le chemisage (à l'exception des premiers mètres dans le gravier qui auraient entraîné une forte consommation d'eau lourde) et remonte en surface les éléments du terrain désagrégés par le trépan. Les gros blocs rencontrés dans les alluvions de l'Ain ne retardèrent jamais l'avancement de plus de quelques heures.

Les armatures du pieu sont ensuite descendues dans le forage, puis le bétonnage est exécuté en continuant la circulation d'eau lourde. Le béton frais est mis en place au moyen d'un tube central à l'intérieur du béton précédemment coulé mais encore liquide. Le béton était dosé à 400 kg. Des carottes prélevées dans un pieu ont révélé des résistances à la compression de 257 à 274 kg/cm<sup>2</sup> à 90 jours.

La longueur à donner aux pieux a été déterminée après des sondages de reconnaissance complémentaires et des essais de Laboratoire. Sous une couche de sable et gravier d'une quinzaine de mètres d'épaisseur, on trouve des marnes dont les qualités mécaniques s'accroissent légèrement avec la profondeur.

Avec un coefficient de sécurité de l'ordre de 3 dans les cas les plus défavorables, on a été conduit à faire pénétrer les pieux sous les piles de 17 m dans la marne

(soit une longueur de 28,50 m sous le chevêtre). Les pieux sous les culées sont ancrés d'une dizaine de mètres dans le gravier.

##### 2. Chevêtres sur pieux.

Les chevêtres sur pieux ont été exécutés à l'aide de caissons métalliques utilisés comme coffrages perdus. Il était prévu un jeu de hausses mobiles réemployables de 1 m de hauteur chacune.

*Pile rive gauche* — Le caisson rive gauche a été mis en place sans difficultés notables, sur une zone d'atterrissement de l'Ain pouvant être cependant submergée par une crue moyenne.

Le terrassement a été effectué par havage et a nécessité des moyens d'épuisement assez importants (500m<sup>3</sup>/h) malgré l'emploi d'hommes-grenouilles pour colmater les arrivées d'eau sous le caisson.

*Pile rive droite*. — L'emplacement de cette pile est en pleine rivière, avec un courant important, même en basses eaux.

La mise en place du caisson et de ses hausses mobiles, ainsi que l'exécution des terrassements, étaient prévues à partir d'une installation flottante.

Pour gagner du temps et pour profiter d'une période de très basses eaux, on décida de procéder par voie terrestre. À cet effet, une digue d'accès fut construite à partir de la rive droite et les terrassements furent exécutés préalablement à la mise en place du caisson, à l'aide d'une pelle équipée en benne preneuse. Ces travaux furent assez difficiles en raison de la présence d'enrochements et d'anciens pieux en bois.

Les hausses mobiles du premier caisson, trop légères, ayant été endommagées lors du premier emploi, il ne pouvait être question de les remonter sur le caisson mis en place, sous l'eau et dans le courant. On décida donc de mettre en place l'ensemble caisson plus hausses mobiles rendu plus rigide à l'aide d'entretoises métalliques en utilisant en même temps la pelle et le blondin de 3,5 t ; le réglage du caisson fut exécuté à l'aide d'hommes-grenouilles. Cette manœuvre, très délicate, a été exécutée en un temps record, et le caisson fut mis en place et amarré quelques heures seulement avant le passage d'une crue importante de l'Ain, qui ne le déplaça que d'une façon insignifiante.

#### B. Superstructure.

Chaque demi-pont est construit par encorbellements successifs et de façon symétrique à partir de la pile. Deux équipages mobiles appuyés sur la partie construite soutiennent en console les coffrages de la partie à construire (fig. 12).

La longueur des avancements successifs, au nombre de huit, variait de 2,80 m à 4,50 m. Après durcissement suffisant du béton (on demandait 250 kg/cm<sup>2</sup> à quatre jours), les câbles arrêtés à cette section étaient mis en tension, puis les équipages déplacés en vue de la construction de l'élément suivant.



Toutefois, les quinze derniers mètres avant chaque culée sont construits sur cintre fixe. L'encombrement du lit reste faible et de peu de durée.

L'équipage mobile constitué par des poutres métalliques et des contrepoids en béton (fig. 13) était primitivement conçu pour rouler sur des rails à l'aide de

galets à gorges; ce système a été abandonné et remplacé par des galets pleins roulant à l'intérieur d'une palplanche servant de guide. Une photographie de l'ouvrage pendant la crue de février 1957 lors de l'achèvement de la travée centrale montre l'intérêt de la construction en encorbellement (fig. 14).

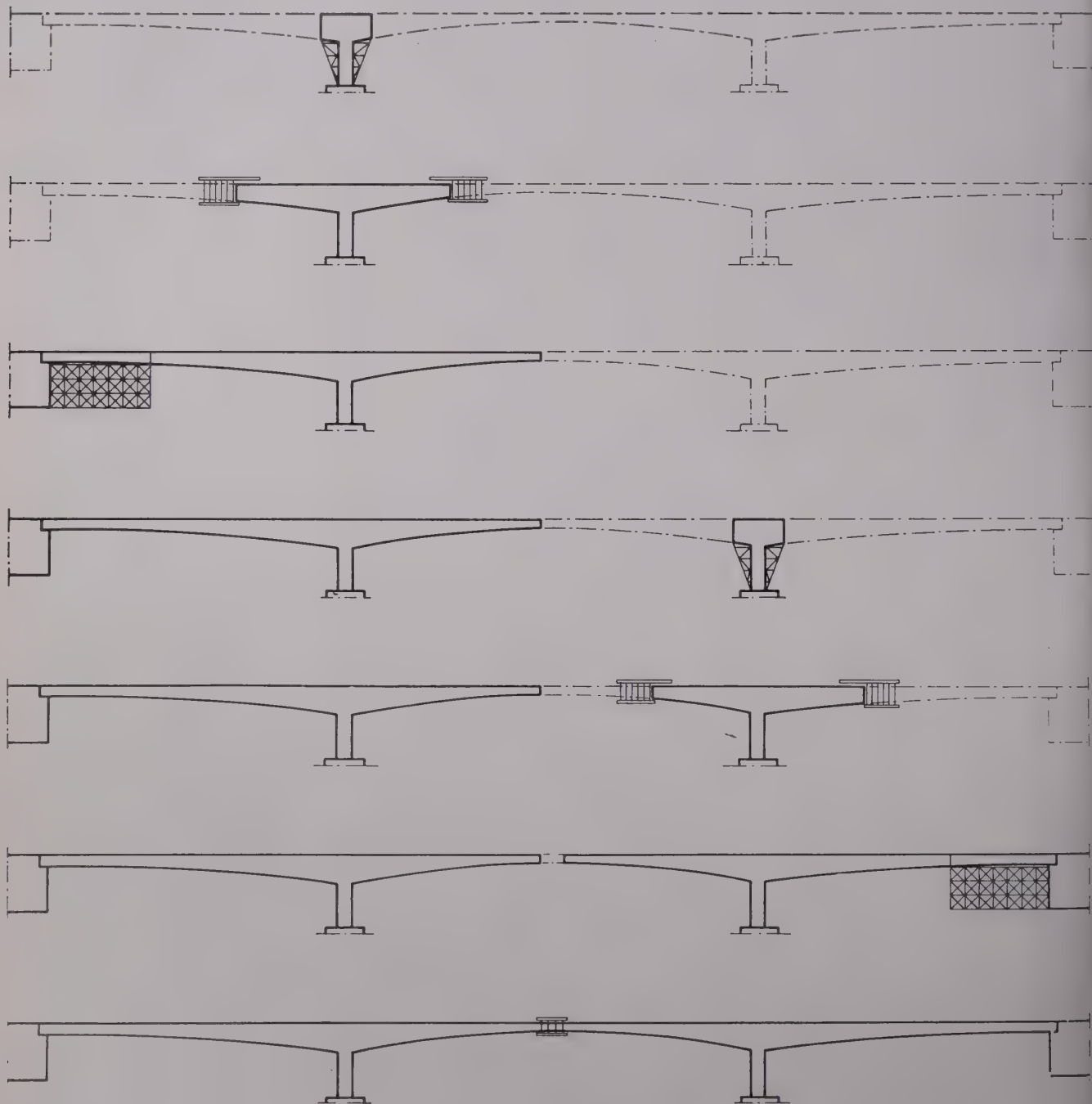


FIG. 12. — Schéma de construction en encorbellement.



(Photo Larchevêque - Mécimieux, Ain.)

FIG. 13. — Phase de la construction en encorbellement.



(Photo Larchevêque - Mécimieux, Ain.)

FIG. 14. — Ouvrage pendant la crue en février 1957.



En ce qui concerne la précontrainte, tout se serait bien passé si l'on avait pu s'approvisionner à temps en tube chauffage. Malheureusement, il fut décidé d'employer des gaines réalisées en feillard trop mince, enroulé en hélice, puis des tubes en caoutchouc gonflables, laissant un passage à même le béton. Avec les premières gaines, le glissement du câble lors de la mise en tension arrachait les spires, et l'on récupérait les gaines sous forme de paille de fer. Dans le cas de tubes gonflables, les parois entre tubes voisins étaient trop fragiles.

Dans ces deux cas, la perte par frottement des armatures était bien supérieure à celle prévue. On décida donc, après le quatrième avancement, de construire une entretoise pour l'arrêt et la reprise de tension de vingt-huit câbles; en outre vingt et un câbles supplémentaires rectilignes, sous tubes chauffage, mais hors béton, furent placés pour compenser la perte de tension causée par l'emploi des premières gaines.

On n'utilisa plus désormais que du tube chauffage et toutes les difficultés disparurent. Aucun incident n'a marqué la construction du demi-pont rive droite, exécutée après le demi-pont rive gauche et la courbe d'intrados est réalisée de manière très satisfaisante. Depuis, la Société des Grands Travaux de Marseille a achevé la construction des deux autres ponts en encorbellement,

sans difficultés, grâce aux enseignements du chantier du pont de Chazey.

Le béton pour béton précontraint, dosé à 400 kg de ciment Vicat 250/315, a donné en moyenne 300 kg/cm<sup>2</sup> à 6 jours pour atteindre 500 kg/cm<sup>2</sup> à 90 jours. La contrainte maximum de compression du béton dans l'ouvrage en service atteint 124 kg/cm<sup>2</sup>.

Les coffrages étaient exécutés en planches de 27 mm, recouvertes de contreplaqué de 5 mm d'épaisseur. Étant donné le grand nombre de réemplois, on fit une utilisation systématique de l'huile de décoffrage.

Les essais de l'ouvrage ont montré que tout se passait comme si les piles étaient parfaitement encastrées sur la fondation, l'entourage en moellons étant pris en compte dans le calcul de l'inertie, le module d'élasticité du béton étant égal à 550 000 kg/cm<sup>2</sup>.

La construction de l'ouvrage, commencée en septembre 1955, a été terminée en avril 1957. Elle a donc duré dix-neuf mois, dont un mois pour les travaux de reconnaissance du sol de fondation et deux mois pour des cas de force majeure (froid) et des travaux supplémentaires. Le délai d'exécution proprement dit a donc été de seize mois; sans les difficultés dues à la mise au point du procédé de construction, ce délai aurait pu être réduit à quatorze mois.

**M. le Président.** Vous avez entendu le très brillant exposé de mon camarade Courbon et je pense que vous avez des questions à lui poser.

Toutefois, il m'a demandé, étant donné qu'il a appelé cet exposé « préambule au film », film tourné dans mon service, qu'on fasse cette projection immédiatement et que les questions viennent après. Par conséquent, nous allons procéder tout de suite et sans plus attendre à la projection du film.

**M. Courbon.** Avant de céder la place au film, j'adresse mes remerciements aux Ingénieurs du Service Ordinaire du Département de l'Ain : M. l'Ingénieur en Chef Dollet qui m'a fait le grand honneur de présider cette conférence, M. l'Ingénieur Ordinaire Thédié et M. l'Ingénieur des Travaux Publics de l'État Giezendanner. Ils n'ont pas hésité à choisir, après concours, un projet de conception nouvelle par ses fondations, par le système de précontrainte alors à ses débuts et par le mode d'exécution en encorbellement. Leur collaboration et leur contrôle, quelquefois sévère mais toujours justifié et toujours bienveillant, nous ont permis de mettre au point en France le procédé de construction en encorbellement des ouvrages en béton précontraint.

## LE PONT DE CHAZEY

Film et commentaires des travaux



L'itinéraire international de Lyon à Genève franchit l'Ain à 40 kilomètres au nord-est de Lyon, à proximité du village de Chazey (1).

L'ancien pont suspendu (2) de Chazey fut détruit par fait de guerre en septembre 1944.

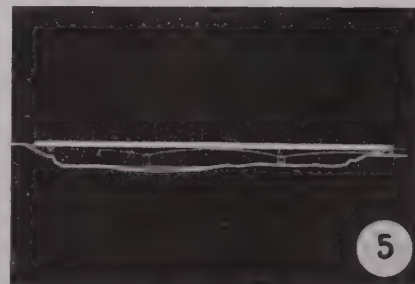
La circulation fut rétablie en 1946 sur un pont provisoire à voie unique (3). Construit à 12 m environ à l'amont de l'axe de l'ancien ouvrage, le pont provisoire était constitué par six ponts de débarquement du port artificiel d'Arromanches, reposant sur cinq palées en bois.

Depuis 1953, l'état des pieux de ces palées causait de vives inquiétudes (4).

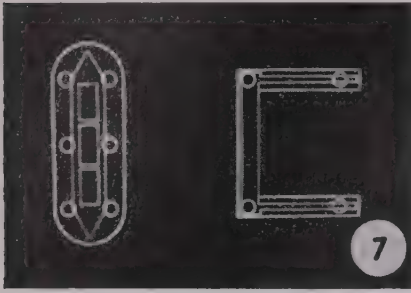
Un concours fut lancé en février 1955 pour la reconstruction du pont définitif. Il eut pour résultat l'adoption du projet présenté par la Société des Grands Travaux de Marseille. L'ouvrage a une longueur totale de 156,50 m, dont 140 entre appuis extrêmes sur culées. Il comporte trois travées : deux travées de rives, de 41,20 m entre axes des appuis ; une travée centrale de 57,60 m entre axes des piles.

L'ouvrage est formé de deux poutres consoles à béquilles en béton précontraint, réunies par une articulation centrale (5).

Transversalement, la poutre-console est constituée par deux caissons de 3,33 m de largeur réunis par une dalle supérieure qui supporte la chaussée et les trottoirs (6).







La pile repose sur des pieux de 1 m de diamètre, répartis en deux files de trois; la culée sur quatre pieux disposés en rectangle (7).

Le fut de la pile est un caisson creux en béton armé, avec entourage en mœllons têtus (8).

Les travaux ont débuté en septembre 1955 et, après des sondages de reconnaissance complémentaires, l'entreprise *Solétanche* a commencé le forage des pieux de la pile rive gauche (9).

Après mise en place, dans la terre, d'un premier tube fileté de 990 mm, servant d'amorce, un second tube fileté est vissé sur le premier (10).

Le vissage se fait au moyen d'un treuil (11).

Les matériaux sont extraits à l'aide d'une curette munie de deux volets rabattables (12).

Des percussions successives font pénétrer les déblais dans la curette (13).

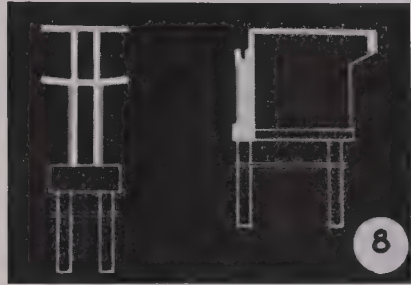
Quand la curette est pleine, quelques coups donnés par l'intermédiaire d'un billot de bois, provoquent l'enfoncement du tube (14).

La curette est ensuite enlevée pour évacuation des déblais (15).

Sur la rive droite les travaux de forage se font en rivière au moyen d'un ponton (16).

Le forage n'est effectué au moyen de tubes que sur quelques mètres. Il se poursuit ensuite par le procédé dit « à l'eau lourde ». Un trépan plat de deux tonnes désagrège les enrochements et les blocs (17).

L'eau lourde (ainsi appelée parce que chargée d'un produit qui en accroît la densité), circule dans le forage et fait remonter les matériaux désagregés. Elle a, de plus, pour propriété, de constituer un film continu le long des parois.





L'eau lourde déjà utilisée dans le forage revient, par une canalisation de trop-plein située à la partie supérieure du forage (18), dans un bac de décantation (bac supérieur de la photo (19) où elle se sépare des débris pierreux.

Ainsi décantée elle passe au bac d'aspiration (bac inférieur de la photo 19 et photo 20) où elle rejoint la boue nouvellement fabriquée par le mélangeur (21).

Une pompe (22) la reprend au bac d'aspiration et l'envoie sous pression dans le forage.

Un trépan à embase circulaire, d'un poids de 1 300 kg, est utilisé pour le forage dans les marnes (23).

Le forage terminé, on introduit dans le tubage des chemises métalliques qui, sur 9 m de hauteur, assureront la protection ultérieure du pieu dans les graviers affouillables (24).

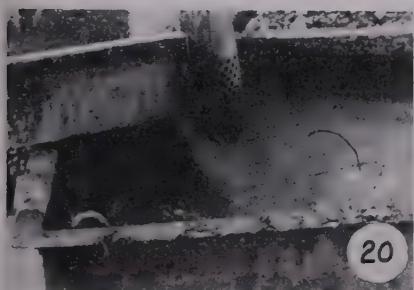
Les pieux sont munis d'armatures assemblées à l'avance en éléments de 10 m. Ces éléments sont soudés les uns aux autres, au fur et à mesure de leur mise en place (25).

On procède ensuite au bétonnage. La benne est déversée dans un entonnoir qui communique avec un tube descendu jusqu'au fond du forage (26).

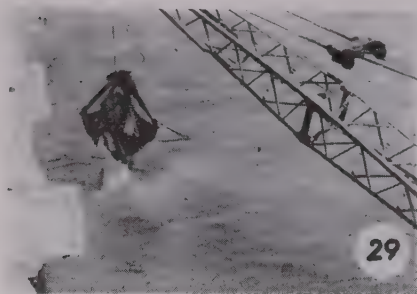
La compression est obtenue par la hauteur de chute du béton et par le mouvement alternatif de descente du tube (27).

Une carotte a été prélevée sur l'extrémité d'un pieu, afin de procéder à des essais de compression (28).

Les pieux doivent être coiffés par un chevêtre en béton, coulé dans un caisson métallique. Pour mettre ce caisson en place, la fouille est effectuée à la pelle pour la rive gauche, et au dragline pour la pile en rivière (29).







29



34



35



30

Le caisson est ensuite posé. Un béton de fond a été coulé et on achève de vider le caisson avant d'armer et de bétonner le chevêtre (30).

Les têtes des pieux ont été dégarnies pour assurer la liaison de leurs armatures avec le béton armé du chevêtre (31).

Le même travail est effectué en rivière pour la pile rive droite (32).



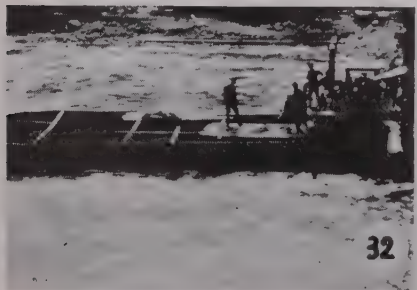
31

On procède aux fouilles pour l'établissement d'une culée. Les fouilles ont dû être blindées (33).

Les armatures des pieux seront liées au béton de fondation de la culée (34).

Après ces opérations, commence la construction de la culée (35).

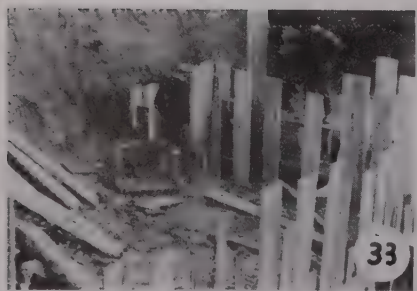
Parallèlement à la construction des culées, se poursuit la construction des piles. Leur importante armature verticale comporte 160 aciers de 25 mm (36).



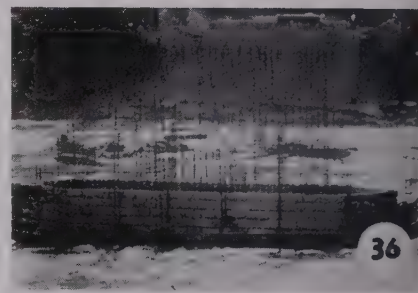
32

La construction de la pile achevée, on laisse au sommet des aciers en attente, pour la liaison avec la superstructure (37).

Le principe de construction des poutres-consoles est une des particularités intéressantes de l'ouvrage. La pile étant achevée, on construit un premier élément de 8 m de longueur sur chevalements appuyés sur la fondation de la pile. Ce premier élément va servir d'appui aux deux équipages mobiles que l'on montera sur place. On construira successivement six avancements de poids symétriques. La longueur des avancements successifs varie avec la hauteur de la poutre. Elle est comprise entre 3 m et 4,50 m. En fin de construction par cette méthode, on aura construit en encorbellement, 27,30 m de la travée centrale, et 25,80 m de la travée de rive (38 et 39).



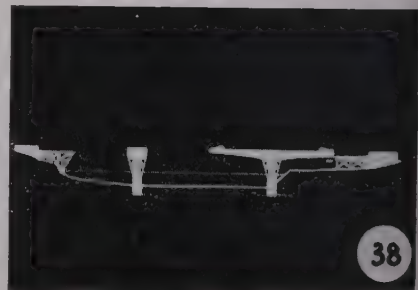
33



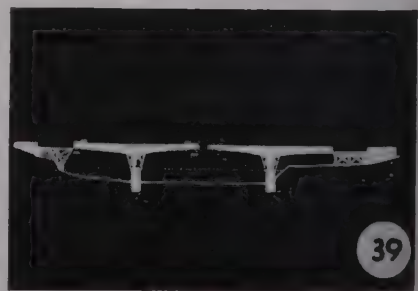
36



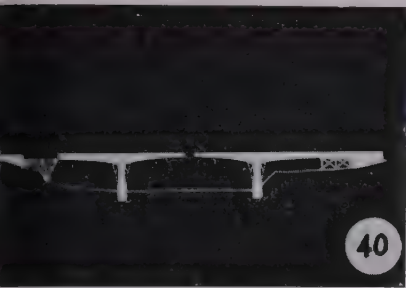
37



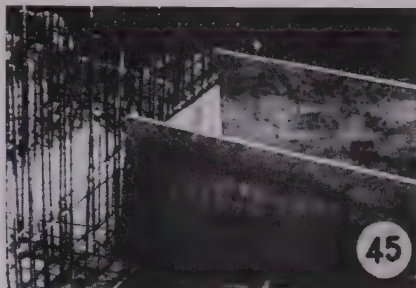
38



39



40

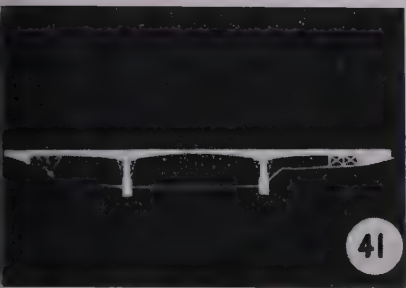


45



46

On achèvera chaque travée de rive par la construction sur cintre fixe de la partie restante de 15,40 m (40), puis la travée centrale, par construction sur cintre suspendu de la zone de 3 m de longueur (41).



41

La première opération de construction de la superstructure va consister en la mise en place de chevalements contre pile (42).



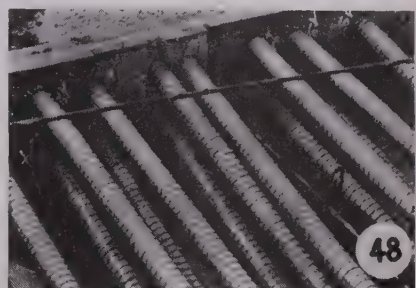
47

Leur bonne assise et leur ancrage au pied sont assurés par des hommes-grenouilles (43).



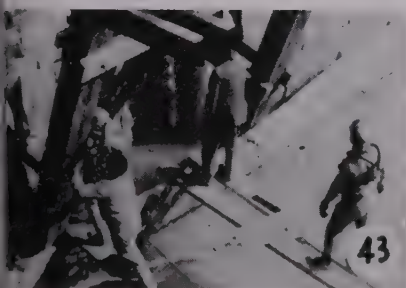
42

Sur le chevalement, et sur 3 m de part et d'autre de la pile, sont établis : le coffrage inférieur du voile intrados, son ferrailage, et les éléments de coffrages verticaux (44, 45 et 46).



48

Après coulée de ce voile, le travail se poursuit par l'achèvement des coffrages verticaux et le coffrage des alvéoles (47).



43

On procède alors au bétonnage des cloisons verticales, puis à la mise en place de l'armature et des gaines de passage des câbles de précontrainte (48).



49

On bétonne ensuite le hourdis de chaussée (49).



44

Après ce premier tronçon, la construction va se poursuivre à l'aide de deux équipages mobiles, qui permettront les avancements successifs. Les éléments des équipages sont transportés au blondin (50), pour être montés en place sur la pile rive gauche (51).



50

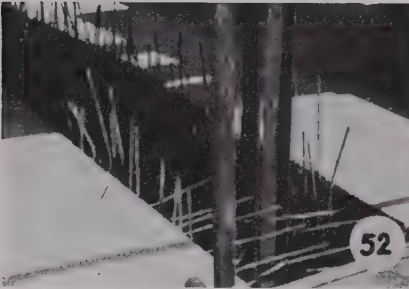




51

Un intervalle central est maintenu pour le passage des cadres de suspension (52).

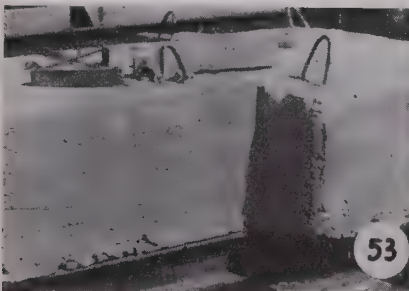
Des blocs de béton sont utilisés comme contre-poids. Il en est disposé environ 8 m, soit environ 20 t (53).



52

Le poids total d'un seul équipement est de 78 t, soit 42 t de partie métallique, 16 t d'échafaudage et 20 t de contre-poids. Ainsi, dès leur construction, les consoles sont soumises à une épreuve sévère, puisque, outre leur poids propre, elles supportent 78 t à leur extrémité libre (54).

La précontrainte est réalisée par des câbles système G. T. M. dits armatures de 65 t (55).



53

Les câbles sont coupés au chalumeau par toron. Ils sont soudés aux extrémités pour être engagés dans les gaines (56).

Des câbles courts sont destinés à être tendus par une seule extrémité, l'autre étant équipée d'un culot mort en béton fretté (57).



54

Une série de câbles est enfilée dans les gaines après chaque phase de construction. Puis on procède à leur mise en tension (58).

La plaque d'appui est mise en place, ainsi que les sept clavettes entre câbles (59).

La frette est introduite en attente (60).

Les clavettes sont maintenues provisoirement par un collier (61).



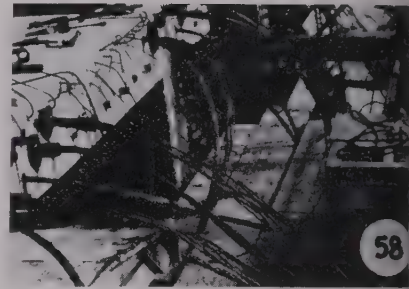
55



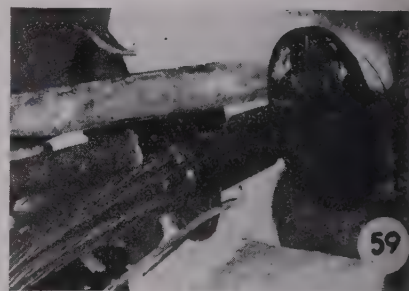
56



57



58



59



60



61

Le câble est introduit dans le vérin annulaire (62).

Le vérin est poussé jusqu'à rencontrer la frette (63).

Le dispositif de fixation arrière du vérin comporte des clavettes de surface extérieure conique (64).

Elles sont simplement enfoncées au marteau (65).

Le vérin est mis en appui sur la plaque (66).

On imprime au vérin un premier effort de 10 t pour assurer son contact parfait avec la plaque d'appui (67).

Une première mesure est effectuée; elle servira de référence pour les allongements ultérieurs du câble (68).

La mise en tension s'effectue en écroissant le câble en trois phases où l'on monte à 50 t, puis 65, puis 70, après être redescendu chaque fois à 10 t. Les allongements sont notés à chaque palier (69).

Le câble étant tendu (70), on va utiliser le vérin de poussée pour enfoncer la frette. On enlève les pousse-clavettes (71).







La frette est ensuite enfoncée (72).



La mise en précontrainte du câble est terminée, le vérin va être relâché. On passe à un autre câble (73).



Pendant que se poursuit la construction du demi-pont rive gauche (74), on met en place les chevalements de la pile rive droite (75).



Après le dernier avancement, l'équipage mobile est enlevé (76).



Le demi-pont rive gauche étant terminé (77), l'équipage est transporté sur la pile rive droite (78).



Le demi-pont rive droite progresse à son tour par avancements successifs (79) (80).

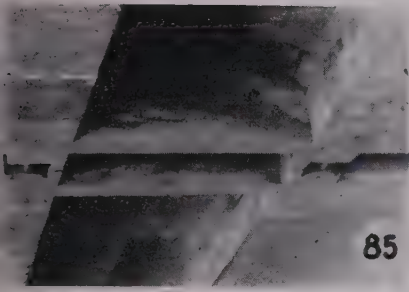


La travée rive gauche s'achève par construction sur cintre fixe de la partie de 15 m jusqu'à l'appui culée (81).



Les deux poutres-consols sont terminées (82).

On construit sur cintre suspendu les 3 m restant entre extrémités des poutres-consols (83).



A l'intérieur des deux poutres longitudinales, une articulation a été disposée, à côté de chaque cloison verticale (84).

Après bétonnage, la partie centrale est terminée (85).

La construction va s'achever par la mise en place des plinthes (86), des bordures et des dalles de trottoirs (87), de la chape d'étanchéité en asphalte coulé (88).



Le garde-corps est posé (89).

L'ouvrage est terminé (90).

Grâce aux procédés originaux utilisés pour la construction des fondations et pour celle de la superstructure, il a pu être terminé en dix-huit mois, et assurer ainsi à temps la relève des passerelles d'Arromanches.





## DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT. — Je suis heureux que ce raccourci de dix-huit ou dix-neuf mois de travail vous ait plu et je vais demander à ceux qui ont des observations à présenter de bien vouloir le signaler. Je pense que M. COURBON sera très heureux d'y répondre.

M. GAUTHIER. — Y a-t-il un dispositif de mine à ce pont ?

M. COURBON. — Oui, bien sûr.

M. LE PRÉSIDENT. — Je pense bien.

M. PROT. — Quel a été le prix de l'ouvrage ?

M. COURBON. — 135 millions tout compris, soit 69 000 F le mètre carré, y compris les sondages de reconnaissance et les fondations à 33 m de profondeur.

M. PROT. — Y a-t-il eu des accidents parmi le personnel de chantier ?

M. LE PRÉSIDENT. — Pas à ma connaissance.

M. COURBON. — Non, il n'y a pas eu d'accidents. Il y a eu des incidents : incidents de tubes et de gaines que je vous ai rapportés tout à l'heure.

M. LE PRÉSIDENT. — Il faut dire qu'au point de vue de ces incidents de chantiers M. COURBON a été beau joueur car il a, en effet, fait état d'une façon très explicite de ceux qui ont pu se produire. Il n'a pas caché du tout ceux qui ont marqué effectivement le début du chantier. A la fin du chantier (on le voit d'ailleurs sur le film), c'est à peine si l'opérateur a eu le temps d'aller prendre les vues tellement cela a été vite.

M. COURBON. — L'exécution des deux moitiés a été nettement différente. La première a été longue, on a eu de la peine à mettre au point le système d'encorbellement; la deuxième a été sans histoire. Depuis, nous avons terminé deux autres ouvrages en encorbellement.

M. LE PRÉSIDENT. — Le rôle que je joue ici, que je dois simplement à la géographie, va s'achever mais il me reste à distribuer des félicitations. D'abord au magistral exposé de M. COURBON. Nous n'en attendions pas moins. Félicitations aux Grands Travaux de Marseille qui n'ont pas reculé devant les difficultés du début. Elles furent nombreuses et nous avons trouvé là, vraiment, une collaboration extrêmement efficace.

Vous permettrez également que j'adresse des félicitations à ceux qui furent à la peine. Ce sont l'Ingénieur ordinaire, M. THÉDIE, et l'Ingénieur des Travaux Publics de l'État Subdivisionnaire, M. GIEZENDANNER.

Je voudrais féliciter enfin celui qui fut l'artisan de ce film, M. PAGE, un simple amateur de Bourg-en-Bresse : je dis « simple », non pas par esprit péjoratif, mais bien parce qu'il exerce un métier tout autre : il est bijoutier sur la place de Bourg-en-Bresse et il a apporté tous ses soins à ce film documentaire qui est d'ailleurs le second que nous faisons dans l'Ain en matière de pont. Il est extrêmement difficile de prendre ces vues de films documentaires car il faut le faire au moment où les travaux se présentent, où les événements, les incidents de chantier se produisent; cela n'est pas toujours commode. Je vais terminer enfin en vous remerciant de votre aimable attention et en souhaitant au pont de Chazey une longue vie qui me paraît d'ailleurs assurée.

*Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.*

(Reproduction interdite.)

*Série : BÉTON PRÉCONTRAIT (29)*

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 17 DÉCEMBRE 1957

sous la présidence de **M. H. PERRIN,**  
Architecte



## LA SALLE DES SPORTS DE MULHOUSE

Construction d'une grande voûte d'arête

par **M. Thierry JEAN-BLOCH,**  
Ingénieur-Conseil (E. C. P.)



## PRÉSENTATION DU PRÉSIDENT

**M. le Président.** — Nous avons le très grand honneur d'avoir parmi nous l'éminent Ingénieur M. Freyssinet et j'ai le plaisir de le saluer à cette tribune. Il a bien voulu accepter de présenter le conférencier et de diriger la discussion. Je l'en remercie au nom de tous et je lui passe la parole.

**M. Freyssinet.** — Je n'ai pas à vous présenter M. Thierry Jean-Bloch. Il s'est déjà signalé par de belles réalisations notamment celle des sheds voûtés de l'usine de la Thomson-Houston à Angers dont il a récemment parlé ici même. Le problème dont il va nous entretenir aujourd'hui tire son intérêt technique principal de l'utilisation, comme couverture, de voûtes d'arête sur plan carré d'environ 50 m de côté.

On comprend généralement sous le nom de voûtes d'arêtes deux sortes de constructions différentes :

1° Des voûtes dont l'intrados est formé par des éléments d'intrados cylindriques au nombre de deux, trois, quatre, cinq, six ou davantage dont la montée n'est pas nécessairement la même formant, le long de leurs lignes d'intersection, des dièdres de moins de 180° du côté opposé au sol — toute la matière étant au-dessus de ces intrados.

2° Des voûtes minces de forme variable prenant appui sur des intersections ou des sections droites. Ces systèmes dont la forme générale rappelle celle des voûtes d'arêtes ne fonctionnent évidemment pas comme telles.

Aux environs de 1924, alors que j'achevais les hangars d'Orly, j'ai utilisé des voûtes d'arêtes du premier type en béton mince (7 à 9 cm) renforcé selon les arêtes par un volume de béton limité par le déplacement d'un arc de cercle horizontal tangent aux extradors; notamment à Villacoublay, pour un hangar formé de trois voûtes successives de portée un peu inférieure à 50 m surbaissées environ au quart, directement appuyées au sol, et recoupées par une voûte de même section, de longueur limitée au double d'une portée. Les deux berceaux extrêmes étaient donc conservés. Ma note de calculs n'avait que deux pages et présentait cette particularité qu'elle ne comportait pas un seul chiffre. Elle se référait à une épure simple indiquant un cheminement possible des efforts dans la voûte, et les contraintes fort basses d'ailleurs qui en résultaient.

La section technique du Génie l'accepta sans discussion et la construction nous donna raison, car on ne m'a pas signalé de fissures dans cette construction constamment utilisée pour des travaux délicats et non protégée par une étanchéité; c'est assez rare pour des voûtes en béton.

C'est la raison pour laquelle je me suis permis d'orienter M. Jean-Bloch vers ce type de construction, et mon étonnement a été considérable d'apprendre qu'elle avait fait couler beaucoup d'encre et soulevé maintes objections.

Évidemment la stabilité de tels ouvrages peut être envisagée de nombreuses manières, selon la façon dont on fait leur découpage en arcs hypothétiques élémentaires. A mon sens, toutes les hypothèses sont bonnes si elles correspondent à un travail de déformation raisonnablement voisin du minimum que la nature trouve bien sans nous; et la meilleure est celle qui conduit à la moindre dépense de béton.

La portée de 50 m de la salle de Mulhouse, bien loin d'être audacieuse est à mon sens très modeste. Pour le bâtiment du Centre National des Industries et Techniques (C. N. I. T.) de la Défense, il avait été envisagé des voûtes avec arcs d'arête de portée dépassant 200 m sur plan triangulaire équilatéral constituées par des réseaux triangulaires évidés, ce qui multipliait par quatre à peu près les contraintes des voûtes continues. Ce projet était à mon avis irréalisable, mais devenait des plus raisonnables par adoption de voûtes pleines. Je crois qu'on pourrait aller encore beaucoup plus loin. Le seul défaut de ces systèmes, leur véritable infériorité soit par rapport aux coupoles, soit par rapport aux berceaux, est la nécessité de coffrer en une seule fois la totalité de la surface; ce qui augmente notablement le prix de revient du mètre carré de couverture.

Je m'excuse auprès de M. Jean-Bloch et de ses auditeurs de leur avoir pris une trop importante part de leur temps et je donne la parole au Président et Maître d'œuvre M. Perrin qui va vous parler des dispositions architecturales et fonctionnelles de la salle des sports.

### RÉSUMÉ

La salle des sports de Mulhouse, construite sur plan carré de 48,60 m de côté comporte de part et d'autre de l'aire d'évolution deux rangs de gradins desservis par une circulation longitudinale à mi-hauteur. La couverture est en voûte d'arête et ne repose que sur les quatre poteaux d'angle. Cette voûte en béton armé de 6 m de flèche a une épaisseur variant de 7 cm en clef à 35 cm aux noues (moyenne 95 mm). La poussée des voûtes est équilibrée par des câbles précontraints placés en façade. On indique les hypothèses qui ont permis d'établir le calcul de cette voûte et on décrit les travaux accessoires.

### SUMMARY

The Mulhouse sports palace is a square building measuring 159-1/2 ft. on each side and has on either side of the floor two rows of gradins served by a longitudinal traffic aisle around the building at mid-height. The vaulted roof is supported only by the columns at the corners of the building. This reinforced concrete vault with a 19 1/2 ft. rise varies in thickness from 2 3/4 in. at the top to 1 ft 1 3/4 at panel points (average thickness 3 3/4 in.). The thrust of the vault is balanced by prestressed cables set in the façade. The hypotheses forming the bases of design for this vault are indicated and construction methods are described.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

## EXPOSÉ DE M. PERRIN

Si Mulhouse est un centre industriel, commercial et touristique important de l'Alsace, la Ville de Mulhouse est également connue comme étant un centre sportif. Il y a trois ans la Ville de Mulhouse a reçu la coupe de « la ville la plus sportive de France ». Un grand nombre de ses enfants se classe chaque année parmi les meilleurs athlètes de toute la région de l'Est de la France et un bon nombre même se sont frayés un chemin honorable sur le plan national.

C'est pour ces raisons que la Ville de Mulhouse et son Conseil Municipal ont décidé dans leur séance du 21 septembre 1953 l'organisation d'un concours d'architecte pour l'établissement d'un projet de construction d'une salle des sports sur un vaste terrain où d'autres installations sportives d'une grande envergure sont prévues.

Notre projet « Espace », élaboré par mon confrère Girardet

et moi-même, a eu le premier prix avec exécution et c'est ainsi que la Ville de Mulhouse, représentée ici par M. Loudet, Directeur Général des Travaux municipaux a apporté un appui précieux et indispensable pour la création de cette salle des sports, qui représente pour nous tous le lieu où se formeront et se développeront les esprits forts et la santé physique et morale de la jeunesse mulhousienne.

Aujourd'hui c'est un fait, la salle des sports de Mulhouse se dresse dans un cadre qui demain sera un centre complet des activités sportives de notre ville.

Elle représente en plan une forme en carré de 48,60 m de côté (fig. 1). Lors de sa composition le souci dominant fut celui d'obtenir un vaste volume utilisable au maximum, sans la présence de points porteurs intermédiaires, gênant la circulation et limitant la vue aux spectateurs.

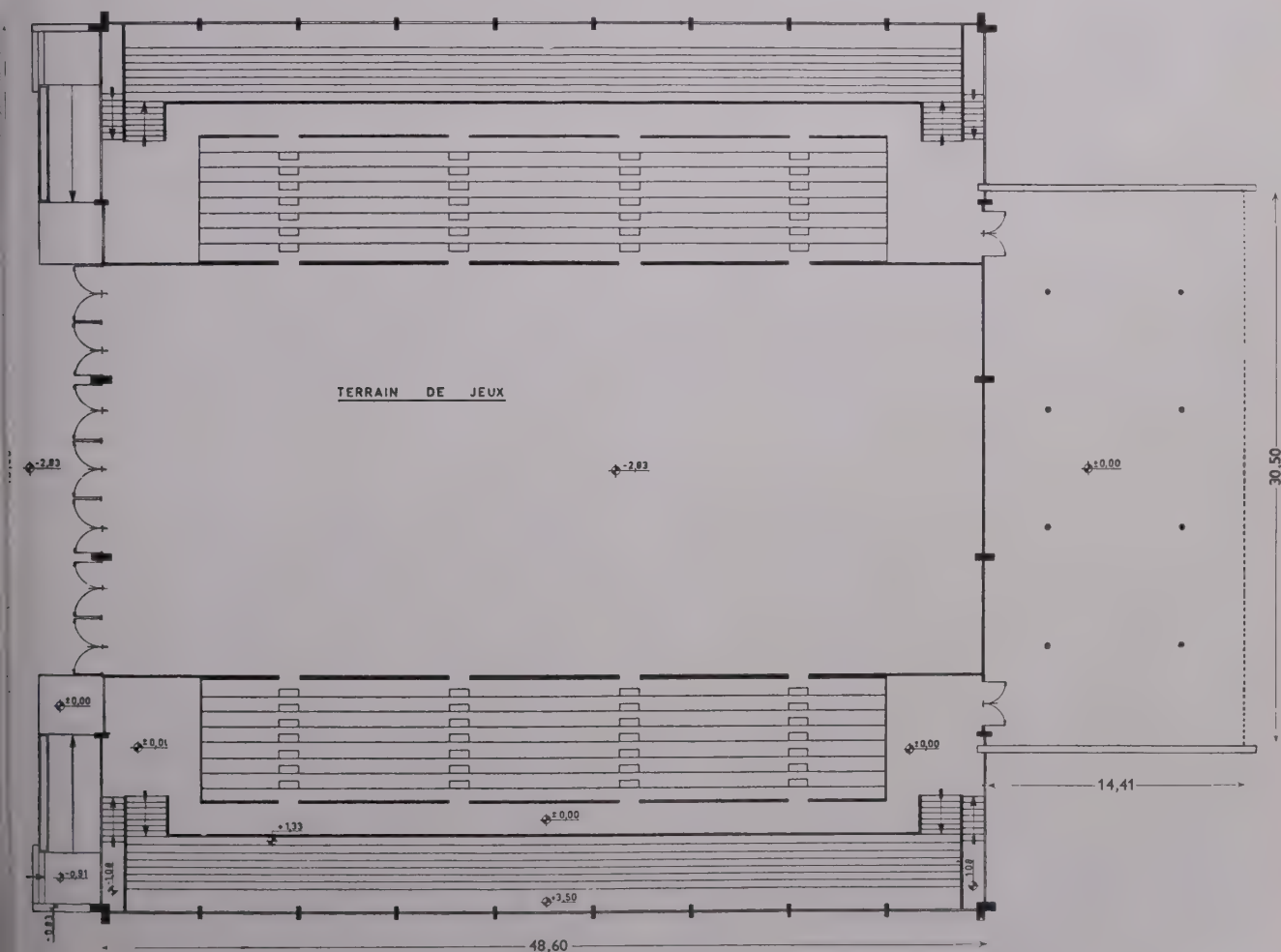


FIG. 1.



Ce projet primé, (plans, façades, coupes, maquette) n'a pas été trahi, car toutes les conditions impératives de fonctionnement, ainsi que le désir d'obtenir une plastique architecturale le plus d'avant-garde possible, et satisfaisant tant l'utilisation que l'œil, ont pu être conservés, ceci grâce à l'amour que nous avons apporté dans cette réalisation.

Je dois ici rendre un hommage tout particulier à notre conférencier M. Thierry Jean-Bloch, et également à M. Loudet, Directeur Général des Services Techniques Municipaux de la Ville de Mulhouse, à M. Wolf, Directeur de l'Entreprise Gysperger, ainsi qu'à toutes les entreprises et à tout le personnel-ouvriers qui ont collaboré avec une compréhension toute particulière.

Cette salle des sports, dont les quatre façades sont vitrées, présente un bâtiment d'entrée implanté perpendiculairement à la rue de l'Ilberg. Ce bâtiment de forme rectangulaire de 30,40 m  $\times$  10,40 m est adossé dans sa longueur à la construction principale et est couvert par une dalle horizontale en béton précontraint qui repose sur deux files de poteaux. De nombreux guichets ainsi qu'une buvette y sont installés (fig. 2).

Des entrées on accède de chaque côté à une circulation longitudinale située entre les gradins qui eux longent les deux

façades latérales. De cette nervure de distribution on canalise les spectateurs, soit en descendant vers les gradins assis, soit en remontant vers les gradins debout. Sous ces gradins en béton armé, disposés de chaque côté de l'aire d'évolution, les locaux de service sont installés, tels que vestiaires collectifs aménagés en box, salles de douches et lavabos, cabine avec douches et lavabos pour arbitres, tout ceci pour l'utilisation des sportifs (fig. 3). Pour l'utilisation des spectateurs, de chaque côté nous trouvons des W.C., toilettes hommes et femmes, ainsi qu'un local d'infirmerie pour des soins bénins ou de première urgence. En-dessous de ces locaux sanitaires nous trouvons de chaque côté les volumes nécessaires pour l'installation du chauffage et de l'aération des vestiaires. Tout cet appareillage a été prévu de telle façon que les générateurs de chaleur pourront permettre ultérieurement un chauffage supplémentaire ainsi qu'un conditionnement d'air dans l'ensemble de la salle des sports.

L'aire d'évolution de jeux entre les gradins présente donc une surface utilisable de 40 m  $\times$  24 m. L'éclairage de cette piste de jeux est réalisé par des réflecteurs spéciaux, tenant compte qu'il faut un niveau d'éclairement haut, sans éblouissement pour les joueurs. En cas de panne un groupe de secours assure la continuité de lumière (fig. 4).

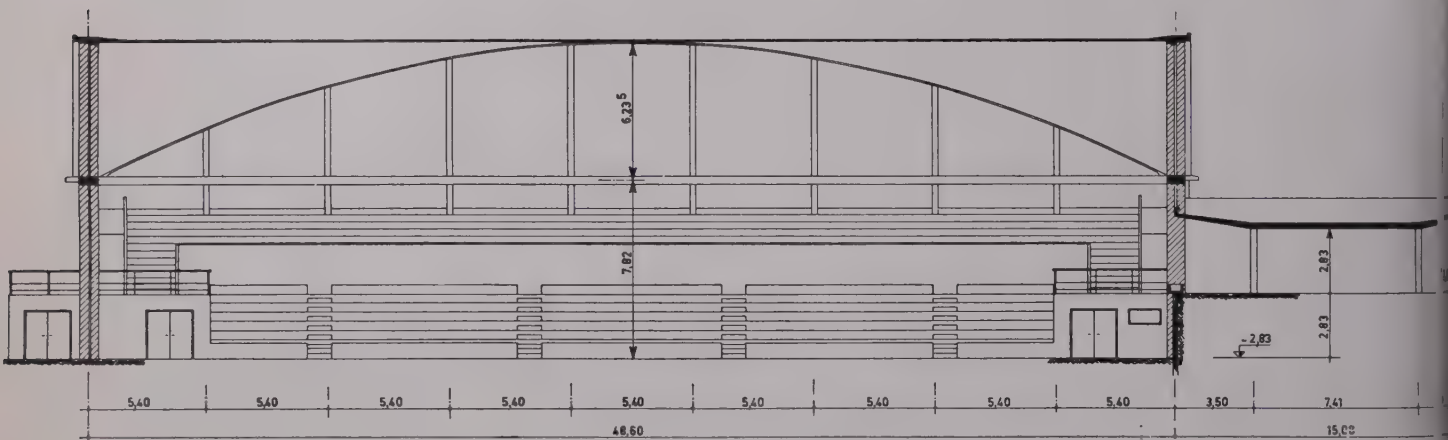


FIG. 2. Coupe longitudinale.

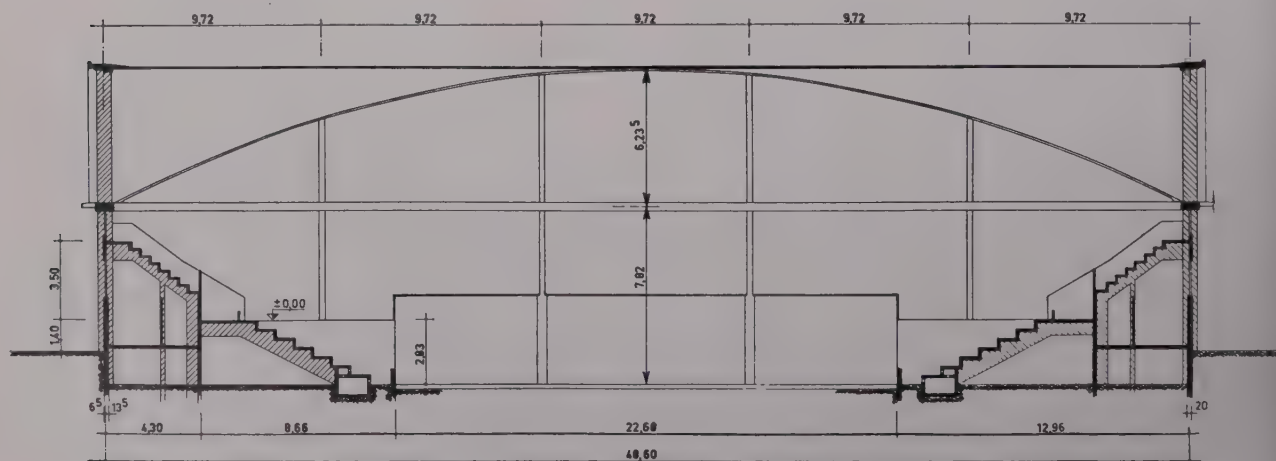


FIG. 3. Coupe transversale.



FIG. 4.



FIG. 7.



FIG. 5.



FIG. 8.



FIG. 6

L'aspect de légèreté de cette construction entièrement exécutée en béton armé, dont l'éclairage diurne est maximum, réside dans le fait que son « chapeau » en forme de voûte d'arête ne repose que sur les quatre piliers d'angle et que son contreventement est assuré par l'ossature de ses façades (fig. 5).

Dans cette salle où les parois vitrées dominent très largement, se pratiqueront très bientôt à présent le basket-ball, le volley-ball, le tennis, le hand-ball à sept, la gymnastique, la boxe, le catch et éventuellement le patin à roulettes. Il est même envisagé de créer plus tard une patinoire artificielle (fig. 6, 7, 8).

Toutes ces activités sportives pourront se dérouler devant un nombre de spectateurs variant entre 3 000 et 5 100, selon les besoins d'encombrement nécessités par les divers sports. Deux exemples entre autres :

1. Pour le basket-ball où il faut le maximum de place, nous trouverons 1 100 places assises et 1 900 places debout, donc au total 3 000 places ;

2. Lors des séances de boxe ou de catch des chaises pourront être placées tout autour du ring et tout en respectant des couloirs de circulation nous trouvons alors plus de 5 000 places.



Toutes les représentations sportives ou autres pourront être radio-télévisées facilement, car il a été prévu une cabine à cet effet, qui se trouve dans l'axe du bâtiment et qui domine de 2,83 m l'aire d'évolution.

C'est par la dénivellation naturelle du terrain que la plateforme d'évolution se trouve en contre-bas, côté arrivée de 2,83 m, et au niveau du sol extérieur du côté opposé. C'est ainsi que toutes les possibilités de présentation sont données

aux sociétés sportives et folkloriques pour organiser dans cette salle des sports de Mulhouse la matérialisation d'une vie saine, pleine d'espoirs dans l'avenir de leur belle ville et de leur pays (fig. 9).

Je suis persuadé que la conférence de M. Tierri Jean-Bloch qui va suivre maintenant retiendra toute votre attention et sera fort intéressante à tout point de vue.



FIG. 9.

## EXPOSÉ DE M. THIERRI JEAN-BLOCH

M. Perrin vient d'exposer les dispositions fonctionnelles de cette salle des sports. La structure de l'ouvrage a été conçue pour y satisfaire.

Elle comprend essentiellement deux files de tribunes se faisant face de part et d'autre du terrain de jeux, quatre façades enfermant un carré de 48,60 m de côté, une voûte d'arête couvrant l'ensemble. Adossé à cette construction principale, un bâtiment rectangulaire de moindre importance, dont la longueur est de 30,50 m et la largeur de 14,40 m abrite les guichets et les caisses.

Les tribunes comprennent une série de gradins reposant sur des fermes transversales écartées de 5,40 m. En-dessous des tribunes supérieures, un plancher intermédiaire porte les services auxiliaires, et en-dessous de la partie centrale de ce plancher, une cuve enterrée contient la chaufferie. Aux deux extrémités de chacune des deux tribunes, donc aux quatre angles de l'ouvrage, des plates-formes à mi-hauteur des tribunes permettent d'y accéder et couvrent des magasins situés au niveau du terrain de jeux.

Du côté du bâtiment des caisses, un mur de soutènement de 2,83 m de hauteur sépare le terrain de jeux du hall d'entrée, l'accès s'effectuant à mi-hauteur des tribunes.

Les deux façades latérales sont adossées aux tribunes, les poteaux étant encastrés dans l'ossature de ces tribunes. La façade située du côté de l'entrée est portée par le mur de soutènement. La façade opposée ne trouvant aucun appui dans les constructions adjacentes est encastrée dans le terrain.

La couverture s'appuie uniquement sur les quatre piliers d'angle et trouve son contreventement dans l'ossature des façades. Le bâtiment d'entrée comprend uniquement une couverture en dalle pleine appuyée sur deux files de poteaux et aux extrémités sur deux murs de maçonnerie.

Tels sont les divers éléments constituant l'ouvrage.

Avant de déterminer le mode de fondation, des prélèvements ont été faits et on a procédé à une analyse oedométrique des chantillons au *Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics*. Le terrain naturel était en pente, avec une dénivellation de 10,00 m environ qui a conduit les architectes au parti qu'ils ont choisi, consistant à établir le terrain de jeux au niveau le plus bas, et l'entrée au niveau le plus haut, permettant de desservir les tribunes à mi-hauteur. La couche superficielle du terrain avait une épaisseur variable de 4,50 m à 7,50 m. Elle est formée uniquement d'un sable limoneux très fin, susceptible de résister à des pressions non négligeables, mais l'indice des vides variait fortement avec la pression. En se fondant par des lamelles, nous avons craint des tassements différentiels importants entre les piliers d'angle qui reçoivent toute la charge de la couverture, soit 200 t environ chacun, et les fondations des tribunes et des façades beaucoup moins chargées. Ces différences de tassements auraient été d'autant plus graves que la mise en charge des piliers d'angle se produit brutalement : décentrement de la couverture, bien après l'exécution des structures.

Par ailleurs la nécessité d'assurer un contreventement satisfaisant de la couverture empêchait l'introduction de joints de dilatation. On aurait pu envisager des joints provisoires, et solidariser ultérieurement les différentes parties de l'ouvrage. Les difficultés qui auraient pu subsister si les tassements variaient de 2 ou 3 cm comme nous le craignons, nous ont déterminés à renoncer à des fondations superficielles et à

rechercher un sol meilleur, à 7,50 m de profondeur, constitué de sables, de graviers et de cailloux formant un tout venant continu.

Les fondations des quatre piliers d'angle sont des puits de 2,10 m de côté. Les fondations des tribunes, des façades et du bâtiment d'entrée sont des pieux ancrés dans le tout venant et moulés dans le sol suivant le système Frotté. Ces pieux de 45 cm de diamètre ont une force portante de 40 à 60 t suivant la longueur de fiche dans la couche de gravier et sable. Sous chaque point d'appui il a été prévu un seul pieu en raison même de la précision d'implantation qu'autorise le système adopté. Tous ces pieux sont solidarisés en têtes par un quadrillage de longrines.

L'ossature des tribunes est constituée de fermes placées transversalement à 5,40 m d'écartement. Ces fermes, appuyées chacune sur trois pieux, portent les gradins, un plancher de circulation à mi-hauteur, et un plancher intermédiaire situé sous les gradins supérieurs seulement. Elles assurent un excellent contreventement des deux façades qui y sont adossées. Elles sont en béton armé d'acier mi-dur crénelé (fig. 10 et 11).



FIG. 10.





FIG. 11.

Aux deux extrémités de chaque file de tribunes et par conséquent aux quatre angles de la salle, se trouvent au niveau des circulations quatre plates-formes de 50 m chacune appuyées le long de leur pourtour sur des murs en béton armé (fig. 12).

Du côté de l'entrée un mur de soutènement de 2,83 m de hauteur est fondé sur des pieux comme tout l'ouvrage. Ce mur étant surmonté d'une façade de 5,00 à 11,00 m de hauteur, est soumis à des efforts horizontaux importants, qu'ils proviennent de la poussée des terres ou de l'action du vent. Pour y résister, nous avons recherché la butée des terres situées en arrière. La crête du mur est reliée par des tirants obliques aux pieds des poteaux qui portent la couverture du bâtiment d'entrée. Les pieds de ces poteaux ont été reliés par deux longrines parallèles au mur, et suffisamment enterrés pour que leur butée contre les terres équilibre les tractions transmises par les tirants.

Toute cette infrastructure a été utilisée pour assurer le contreventement de la couverture et la stabilité des façades. La couverture elle-même étant susceptible de transmettre des efforts horizontaux, notamment le long des génératrices supérieures, répartit également les sollicitations entre deux façades opposées.

Les façades latérales ont pour ossature des poteaux écartés de 5,40 m. Ces poteaux sont encastrés dans les fermes transversales portant les tribunes. Leur hauteur au-dessus des tribunes varie de 1,65 m à 7,65 m. Elle reste faible, ce qui permet d'obtenir une grande rigidité (fig. 13).

Dans la façade située du côté du hall d'entrée, quatre poteaux seulement ont été prévus, écartés de 9,72 m. Leur section est de  $83 \times 32$  cm et leur hauteur de 9,00 et 11 m. Ils sont encastrés dans le mur de soutènement auquel le dispositif des tirants et d'ancrages déjà décrit assure une stabilité suffisante.

Pour la façade opposée, les poteaux sont également écartés de 9,72 m. Deux d'entre eux trouvent un encastrement dans les plates-formes d'angle. Les deux poteaux centraux descendent jusqu'au niveau du sol sans rencontrer aucun appui. Leur hauteur devient importante puisqu'elle atteint 14 m.



FIG. 12.



FIG. 13.



FIG. 14.

Écartés entre eux et des poteaux voisins de 9,72 m, ils peuvent être soumis à des efforts importants. Pour assurer leur stabilité, nous les avons encastrés dans de gros chevêtres, chacun de ces chevêtres étant appuyé sur deux puits. Le poids de ces puits suffit à assurer la stabilité. La pression latérale des terres y contribue également et augmente le coefficient de sécurité.

Il n'en demeure pas moins que le contreventement réalisé ainsi sur deux façades d'entrée est moins satisfaisant que le contreventement sur les façades latérales. S'il présente une résistance largement suffisante par les dimensionnements choisis, les déformations seront plus importantes pour un même effort. Cet inconvénient est limité par la grande résistance horizontale de la couverture.

Un déplacement horizontal des têtes de poteaux sur ces deux façades ne peut se produire sans que la couverture entraîne les poteaux des autres façades, y compris les piliers d'angle dont la rigidité est considérable. Ces quatre piliers qui reçoivent tout le poids de la couverture ont une hauteur de 8 m seulement au-dessus des fondations, et encore sont-ils contreventés par les parois de béton sous les plates-formes d'angle sur 3,00 m de hauteur. Leur section en équerre a 108 cm de largeur et 41 cm d'épaisseur. Ils étaient prévus en béton armé. Pour faciliter la mise en place du ferrailage de la voûte, ainsi que j'en parlerai tout à l'heure, les aciers en attente à la partie supérieure ont été coupés. Pour y remédier, des câbles de précontrainte verticaux ont été ajoutés, leur rôle ayant uniquement pour objet de rétablir la liaison verticale entre la voûte et les piliers (fig. 14 et 15).

La couverture proprement dite est une voûte d'arête constituée par deux cylindres perpendiculaires l'un à l'autre à génératrices horizontales et directrices paraboliques. Le voile, d'épaisseur constante sur presque toute sa surface, présente des surépaisseurs uniquement au-dessus. L'intrados se présente donc comme deux cylindres paraboliques, sans aucune nervure même à leurs intersections.

L'ouverture de la voûte est de 48,60 m, et sa flèche de 6 m environ est exactement le huitième de l'ouverture. L'épaisseur de la voûte est de 7 cm sur 75 % de sa surface. Elle est plus forte dans les noues c'est-à-dire à l'intersection des cylindres, et également en bordure.

La surépaisseur dans le fond de la noue croît progressivement de 7 cm en clef jusqu'à 35 cm dans le nu du poteau suivant une loi parabolique. Elle est obtenue uniquement par une recharge de béton au-dessus de la ligne moyenne qui supprime la discontinuité entre les deux parties du voile. Le



FIG. 15.

béton ainsi ajouté au-dessus de la paroi de 7 cm représente au total 14 m<sup>3</sup> soit 7,4 % du béton nécessaire pour réaliser une couverture qui aurait uniformément 7 cm d'épaisseur (fig. 16).

Le béton ajouté le long des quatre bords est probablement trop important puisqu'il représente à lui seul un volume de 33 m<sup>3</sup>. L'épaississement atteint en effet 1,00 m de largeur et 20 cm d'épaisseur. Une nervure sous la voûte a été également moulée de manière à maintenir la ligne moyenne au niveau de celle du voile et faciliter la fixation des vitrages. Les grandes largeurs des tirants et des poteaux de façade, la saillie de la couverture sur la façade, les engravures à ménager pour la fixation des vitrages, ont conduit à ces dimensions. Une nervure beaucoup moins large et moins haute aurait pu convenir mais elle n'aurait pas pu être complètement supprimée en raison du grand écartement des poteaux de façade qui atteint 9,72 m dans deux d'entre elles.

Quoiqu'il en soit, l'ensemble du béton utilisé pour réaliser la voûte seule représente en moyenne une épaisseur de 87 mm par mètre carré de coffrage ou encore 95 mm par mètre carré couvert, le volume total de béton étant de 236 m<sup>3</sup>. Son poids propre est de 570 t.



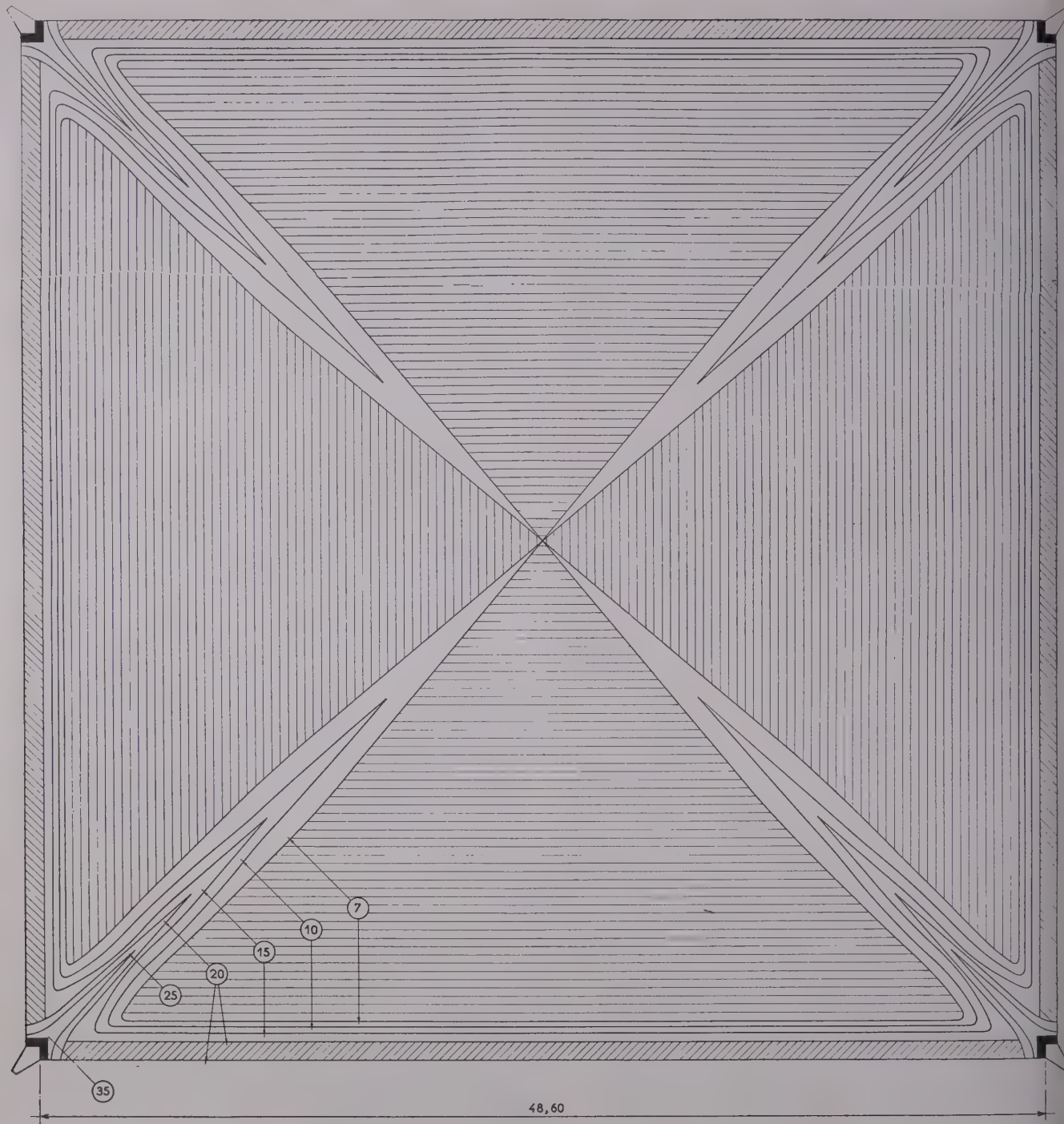


FIG. 16.

Les quatre tirants placés dans les quatre façades ont une largeur de 83 cm et une épaisseur de 32 cm. Le poids des nervures de rive est transmis en partie seulement aux poteaux d'angle par l'effet de voûte, puisque les poteaux intermédiaires peuvent également les supporter : le poids mort exerce sur chaque tirant une traction comprise entre 245 et 290 t suivant la fraction du poids de la nervure prise en compte. Les sur-

charges éventuelles, c'est-à-dire une charge de neige de 60 kg/m<sup>2</sup>, augmenterait cet effort de 75 t environ et la porterait à une valeur comprise entre 320 et 365 t. Pour résister à ces tractions, chaque tirant a été précontraint par neuf câbles de douze fils de 7 mm qui ont été tendus à 90 kg/mm<sup>2</sup>. Ainsi le béton des tirants est comprimé en permanence à un taux compris entre 51 et 4 kg/cm<sup>2</sup>. Le coefficient de sécurité se trouve



FIG. 17.

largement assuré. Aucune fissure ne risque d'apparaître tant que la contrainte de traction ne dépasse pas  $15 \text{ kg/cm}^2$  dans le béton des tirants, c'est-à-dire tant que la surcharge ne dépasse pas  $150 \text{ kg/m}^2$ . À la rupture, le coefficient de sécurité est celui des aciers (fig. 17).

La voûte, telle qu'elle a été construite, est un voile monolithe reposant sur quatre poteaux en ses angles. Comme pour toutes les voûtes, il est impossible de résoudre l'équation aux dérivées partielles qui exprime son équilibre sans admettre un grand nombre d'hypothèses simplificatrices.

Le premier problème posé consistait à imaginer le cheminement des efforts de leur point d'application aux quatre supports d'angle. Deux représentations ont été utilisées au cours de notre étude et des discussions qui l'ont suivie.

Dans la première représentation, les plans verticaux des arêtes partagent le voile en quatre éléments cylindriques identiques et chacun de ces voiles est la juxtaposition d'anneaux limités par des plans verticaux perpendiculaires aux génératrices. Chaque anneau est stable par lui-même et s'appuie sur deux arcs croisés reliant le long des arêtes les poteaux diagonalement opposés.

La seconde représentation consiste à découper dans chaque quart de la voûte des arcs gauches de largeur variable s'appuyant tous sur les piliers d'angle voisins. En projection horizontale ils sont limités par des courbes d'allure hyperbolique qui se déforment depuis une droite dans la façade jusqu'à l'angle formé par la projection des deux arêtes. Ils ne

peuvent trouver un équilibre qu'en s'appuyant les uns sur les autres. Les deux figures 18 et 19 illustrent les deux représentations. Quelles sont les conséquences pour la stabilité de l'ouvrage selon que le cheminement des efforts soit conforme à l'une ou l'autre?

Dans le premier cas tous les anneaux ont, à la même distance de la clef, le même rayon de courbure et l'effort normal per-

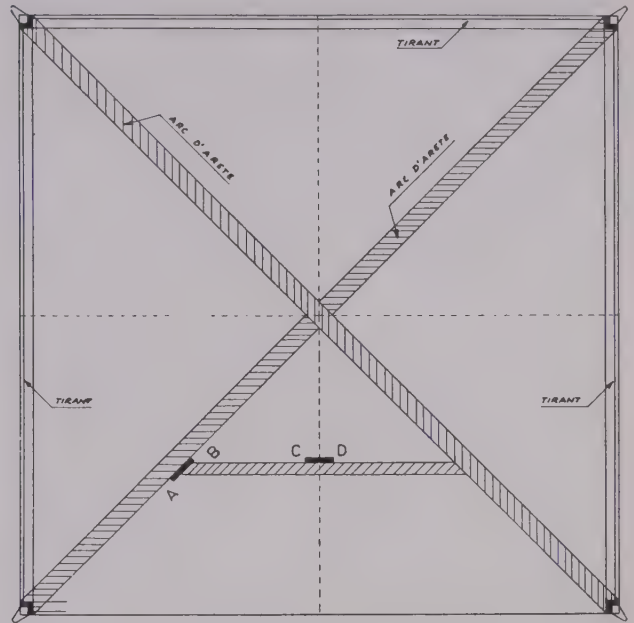


FIG. 18.

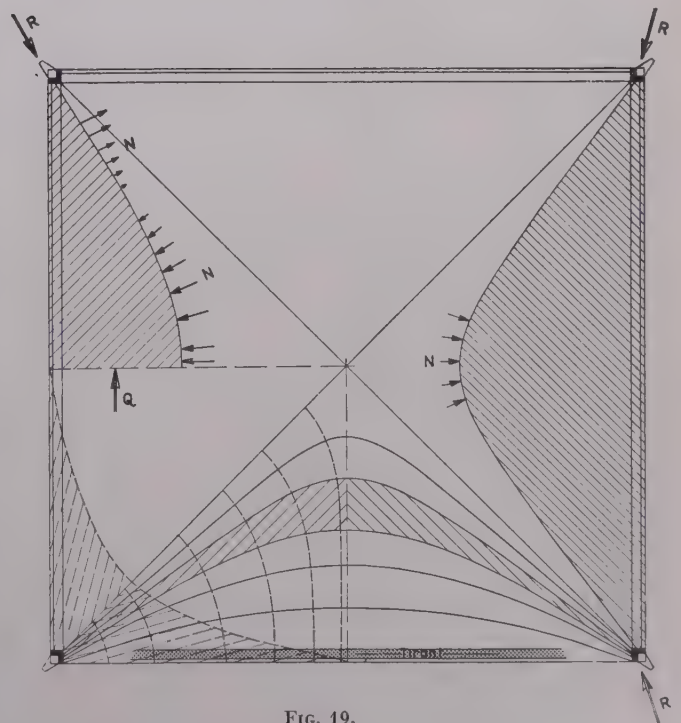


FIG. 19.



pendiculaire à la génératrice est le même. En particulier les poussées des anneaux sont toutes égales. Chaque anneau peut être calculé comme un arc d'épaisseur constante, qu'il soit soumis à une charge uniforme ou non. Les arcs d'arête portent à eux seuls toute la charge de la couverture transmise par les anneaux et sont en outre soumis à leurs poussées. Si leur ligne moyenne coïncidait avec celle du voile, dans l'hypothèse d'une charge uniforme sur la couverture, cette ligne moyenne est funiculaire des efforts qui lui sont appliqués et aucun moment ne prend naissance. Mais le poids propre seul ferait naître une poussée de 350 t ce qui correspondrait pour les sections de bétons réalisées, à des compressions de l'ordre de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Le béton dans les noues a été ajouté seulement au-dessus du voile et la ligne moyenne de l'arc au quart de la portée est nettement au-dessus du funiculaire des charges, d'où la naissance de moments importants. La coupe de l'arc d'arête au quart de la portée à la forme d'un V. Si on augmente sa largeur pour réduire la contrainte normale due à la poussée, la ligne moyenne se relève, s'écarte plus de la courbe des pressions, et le moment de flexion est plus fort.

On constate que la voûte réalisée ici ne résisterait pas dans ces conditions. La stabilité, pour être assurée avec un tel cheminement des efforts, exigerait la création d'une nervure en dessous de la voûte, concrétisant l'arc d'arête et assurant la coïncidence de sa ligne moyenne avec celle du voile. C'est d'ailleurs suivant ces principes que les voûtes en maçonnerie ont été réalisées autrefois.

Une telle nervure devrait rester comprimée à un taux voisin de celui du voile, ce qui aurait conduit à lui donner une section importante et constante sur toute sa longueur. Autrement dit, l'exécution de ces nervures aurait exigé un volume de béton sensiblement égal à celui utilisé pour tout le voile, tandis que dans cet ouvrage, les surépaisseurs n'en représentent que 7,4 %. L'augmentation du poids mort entraînerait à son tour un accroissement des tractions dans les tirants, et en définitive un renchérissement important de la construction.

Toujours dans cette même représentation, les anneaux élémentaires s'appuient tous sur les arcs d'arête et compriment des éléments tels que AB. Si on réalise une maquette au moyen de quatre feuilles de carton triangulaires cousues entre elles le long des arêtes, on se rend compte que l'application d'une charge crée des tractions dans la couture au voisinage des poteaux ce qui est en contradiction avec le résultat précédent.

L'état d'équilibre choisi ne fait apparaître aucune action d'un arc élémentaire sur l'arc voisin, c'est-à-dire sur un élément tel que CD. En clef, les poussées des arcs d'arête créent une compression élevée et on s'explique mal cette discontinuité dans les contraintes le long de la génératrice supérieure.

Toutes ces contradictions disparaissent dans la seconde représentation où les arcs élémentaires s'appuient tous sur les piliers d'angle. Ces arcs sont limités par les lignes isostatiques que définit la théorie des membranes dans l'hypothèse suivante : les cisaillements sont nuls le long des deux génératrices de clef et le long des deux diagonales ; les contraintes normales le long des bords libres sont nuls ; les appuis sur les quatre poteaux sont ponctuels. Les équations des membranes admettent une solution mathématique moyennant l'introduction d'une intégrale simple dont les valeurs peuvent être calculées graphiquement ou par sommation numérique. La seule condition aux limites non satisfaite est celle de la nullité des cisaillements le long des bords libres. Le découpage par les isostatiques ne fait pas jouer un rôle particulier aux noues. Le rapprochement de ces lignes vers les piliers montre un accroissement progressif des contraintes normales de la clef jusqu'aux naissances. La contrainte maximum autour du pilier peut être évaluée par la condition d'égalité de la réaction sur le pilier et de la composante verticale de la somme de ces contraintes.

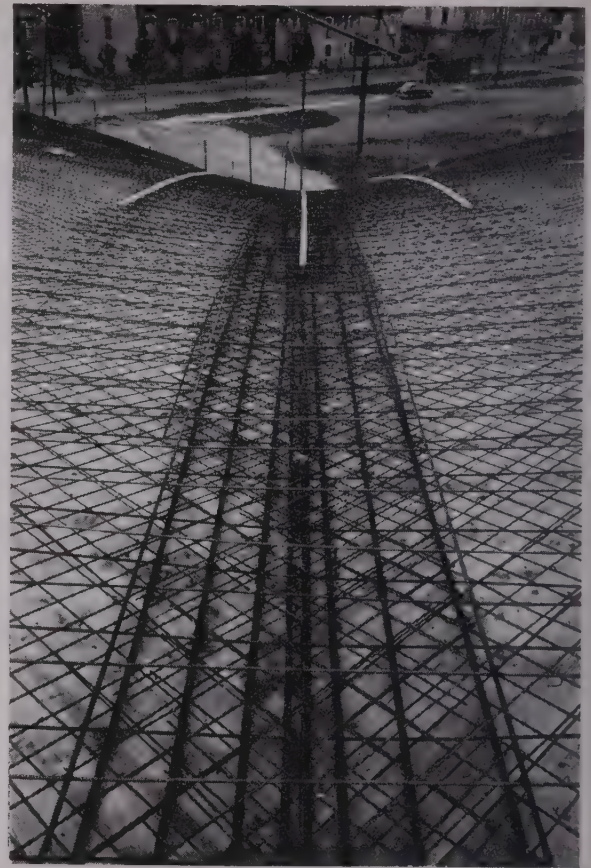


FIG. 20.

En outre on peut admettre que ces contraintes croissent régulièrement jusqu'à l'arête.

Si on considère l'équilibre d'un élément du voile compris entre le bord libre et une isostatique, on constate que pour équilibrer les poussées R, il est nécessaire que la partie restante de la voûte exerce des efforts normaux N. Si on considère maintenant la moitié de l'élément précédent, limitée à la génératrice de clef, on constate que l'équilibre de cette moitié exige que les efforts N soient des compressions dans le voisinage de la clef et des tractions dans le voisinage des poteaux.

Ce résultat est en particulier valable si on considère le triangle limité par une diagonale, un bord libre et une génératrice de clef.

Ainsi les anomalies constatées dans la première représentation disparaissent dans celle-ci. Pour une charge uniformément répartie, les contraintes normales le long de l'arête n'atteignent pas des valeurs excessives. L'écartement de la ligne moyenne le long de l'arête n'entraîne pas obligatoirement la naissance de moments de flexion, et les tractions exigeant une couture d'acier doux en travers de la noue sont mises en évidence entre la naissance et le quart de la portée (fig. 20).

Les contraintes normales le long des génératrices supérieures varient régulièrement du bord libre à la clef.

La courbure de la ligne moyenne en travers de la noue est le siège de flexions transversales dont nous avons cherché à déterminer l'importance (fig. 21). Considérons un élément limité par le plan vertical AA'EE' de l'arête, un plan vertical



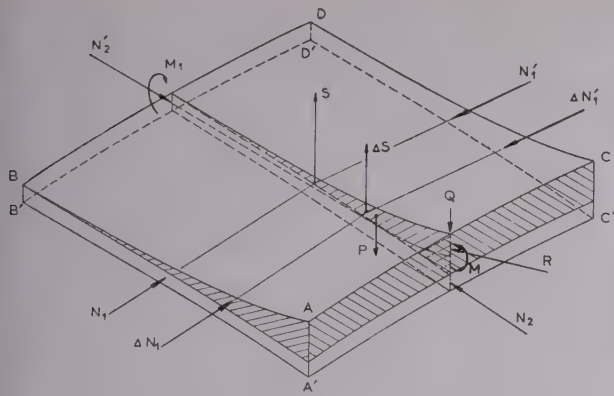


FIG. 21.

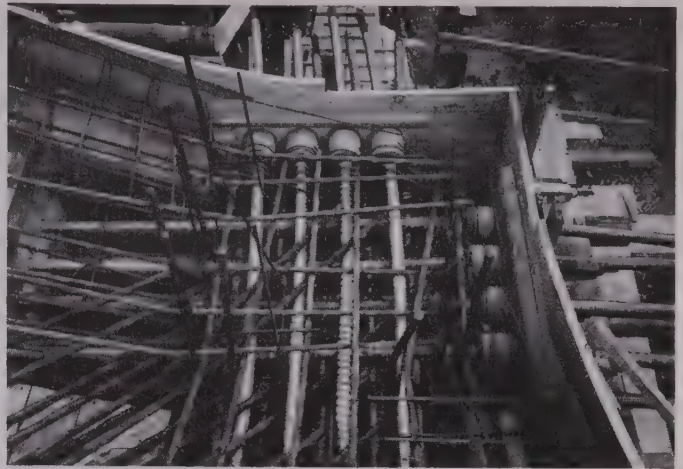


FIG. 23.

voisin BB'DD' et deux plans perpendiculaires à l'arête. L'ensemble des forces agissant sur cet élément doit être en équilibre, et peut être considéré comme la somme de deux systèmes eux-mêmes en équilibre. Le premier système correspond à une membrane de 7 cm d'épaisseur soumise à son poids et aux contraintes normales  $N_1$  et  $N'_1$ ,  $N_2$  et  $N'_2$ . Les cisaillements sont nuls par hypothèse puisque la coupure est faite le long de l'arête. Ce premier système est en équilibre puisqu'il correspond à la théorie des membranes. La surépaisseur, hachurée sur la figure, donne lieu à un poids supplémentaire  $P$ . Sur la face AA'CC' qui est dans le plan vertical de l'arête, la contrainte  $R$  doit être perpendiculaire à cette face, ce qui suppose l'adjonction à la contrainte  $N_2$  d'un effort tranchant  $Q$  et d'un moment  $M$ .

Pour que l'équilibre soit possible, il faut introduire des contraintes normales supplémentaires  $\Delta N_1$  et  $\Delta N'_1$ . La résultante de ces contraintes supplémentaires est désignée par  $\Delta S$ .

Les sollicitations ainsi ajoutées au premier système, soit  $\Delta S$ ,  $P$ ,  $Q$  et  $M$  sont en équilibre.  $P$  et  $Q$  sont connus en position et en grandeur. La position de  $\Delta S$  dépend de la longueur  $AB$  prise en compte et de la loi de la variation des contraintes supplémentaires  $\Delta N_1$ . Cette loi ne pouvant être trouvée par le calcul, nous avons été conduits à la choisir arbitrairement. Cette loi étant choisie, qu'elle soit linéaire ou parabolique la position de  $\Delta S$  est connue.



FIG. 22.

Les deux équations d'équilibre classique définissant l'égalité des projections verticales et l'égalité des moments déterminent les valeurs de  $\Delta S$  et de  $M$ , donc celles de  $\Delta N_1$ . La valeur trouvée dans ces conditions pour le moment  $M$  est faible et la loi choisie pour la variation des contraintes  $\Delta N_1$  intervient peu dans le résultat. Cette valeur est encore réduite en introduisant un moment  $M_1$  sur BB' dans la limite que le voile de 7 cm peut supporter sans inconvénient. Il serait encore plus faible si on tenait compte de la résistance à la torsion dans les deux faces de l'élément perpendiculaire à l'arête A'C'.

Dans le voisinage de la clef où A'B' est horizontal, ce raisonnement ne fait apparaître aucune contrainte supplémentaire sur la noue. Dans la zone voisine de la clef où  $N_2$  est une compression, nous constatons que les compressions sont augmentées par ce phénomène. Au contraire dans le voisinage du poteau où  $N_2$  est une traction les compressions  $N_1$  sont réduites.

L'action des charges dissymétriques peut être examinée par le même procédé, encore qu'il soit un peu plus compliqué.

La voûte présente une possibilité de résistance supplémentaire grâce à la raideur des deux arêtes. Les sections transversales ont la forme d'un V dont l'ouverture et la hauteur sont maximum au quart de la portée, négligeables en clef et conservent des valeurs assez grandes au droit de l'appui. Les noues se comportent donc comme des arcs articulés en clef et partiellement encastrés ou articulés aux naissances. L'existence de ces éléments de raideur apporte un surcroît de résistance qui est loin d'être négligeable. Nous avons disposé des armatures pour profiter de cette sécurité quasiment gratuite. Nous avons dû accepter, d'ailleurs sans en reconnaître l'utilité, d'exagérer cette armature, notamment à l'encastrement aux naissances où les difficultés d'exécution exigeraient au contraire le minimum d'acier. En fait l'absence de liaison aux naissances pendant le décastrage a montré l'inexistence de cet encastrement (fig. 22 et 23).

Le risque de flambage d'une telle voûte n'est pas inquiétant pour ce type de couverture. Les nervures de rive et les arêtes constituent des éléments de raidissement importants qui suppriment toute crainte à ce sujet.

Le voile de 7 cm proprement dit a été armé d'un quadrillage d'acier mi-dur crénelé de 6 mm avec un écartement de 12 cm (fig. 24). Les quatre bords de la voûte étaient fixés aux poteaux de façade au moment du bétonnage. Ces bords ne pouvant plus se soulever comme le reste du voile pendant le décastrage, des flexions étaient à craindre et une couture d'acier



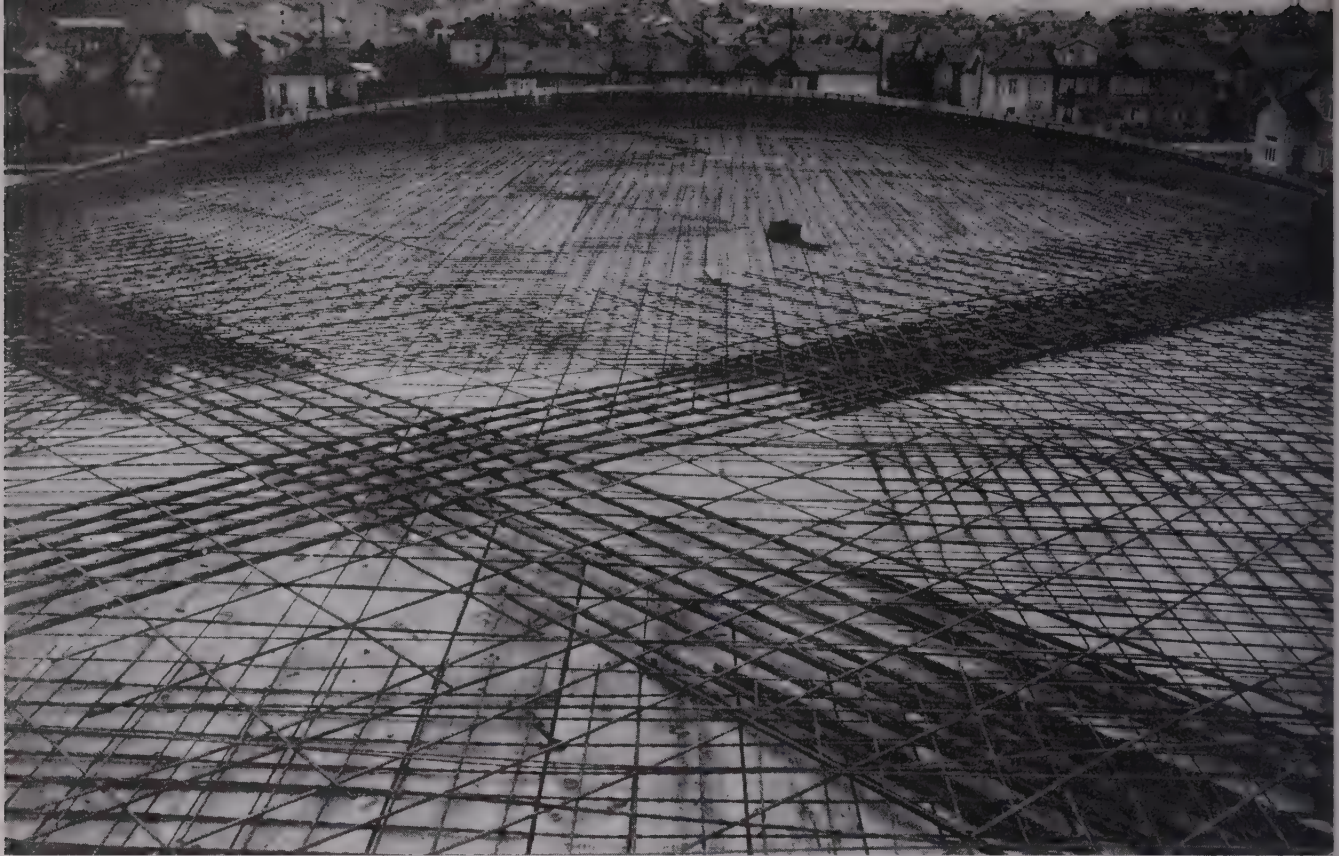


FIG. 24.



FIG. 25.





FIG. 26.



FIG. 27.



doux a été mise en place. Des armatures longitudinales ont été également placées dans les nervures de rive, notamment dans celles des façades où l'écartement des poteaux atteint 9,72 m. Toutes ces armatures ont porté la densité moyenne d'acier à  $120 \text{ kg/m}^3$ . Elle aurait pu être réduite dans les noues et aussi

en rive si les poteaux étaient plus rapprochés ou les tympans plus rigides.

L'encastrement de la voûte dans les poteaux d'angle ne semblait pas absolument nécessaire, et les circonstances dans



FIG. 28.

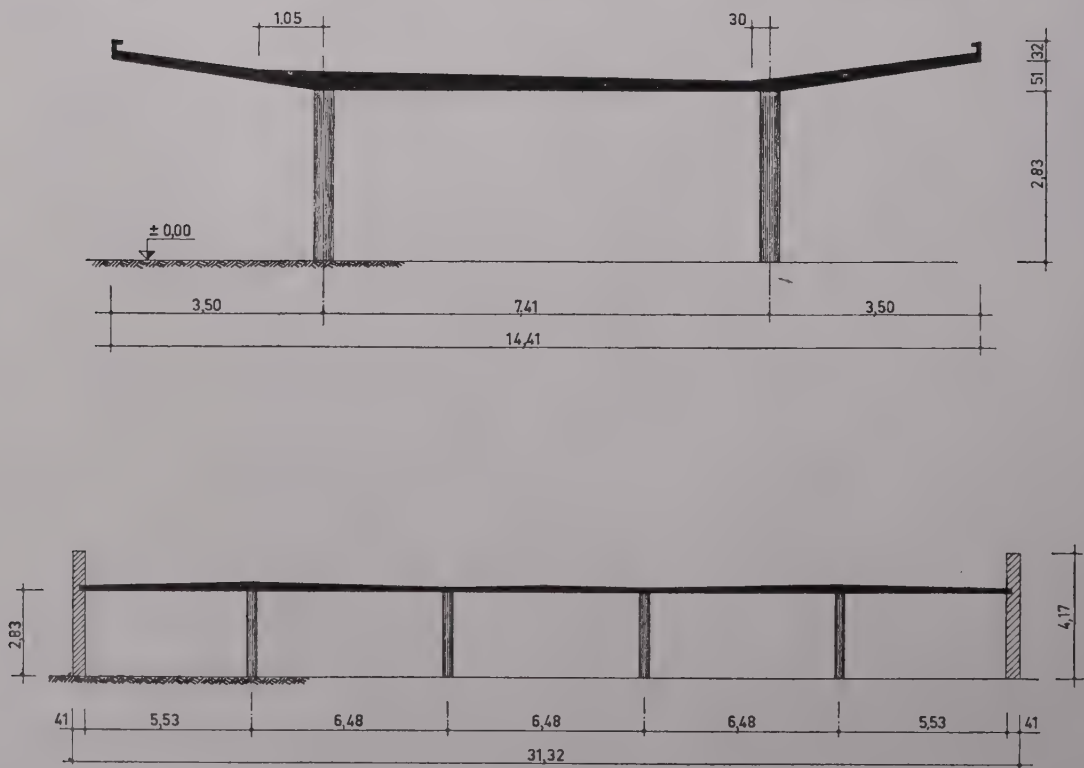


FIG. 29.

lesquelles le déchirement a eu lieu en a donné confirmation de ce point de vue (fig. 25).

En effet, nous avons dû laisser exécuter ces poteaux avant d'avoir terminé les plans de la couverture. La mise en place ultérieure des cônes d'ancrage pour les câbles des tirants a exigé que l'on coupe toutes les armatures en attente (fig. 26). Je vous ai dit que pour y remédier nous avions imaginé de placer des câbles verticaux à l'extérieur des poteaux qui permettent de recréer la solidarité détruite. Quand nous sommes venus procéder aux mises en tension, nous avons constaté que les ancrages inférieurs de ces câbles n'étaient pas encore préparés et, pour que notre voyage ne soit pas inutile, nous avons procédé à la mise en tension des câbles des tirants. Cette opération a été conduite d'abord sans précaution spéciale, c'est-à-dire que les cinq premiers câbles de chaque tirant ont été tendus dans un ordre quelconque. Pour les suivants, nous avons observé une symétrie naturelle en tendant simultanément un câble dans deux faces opposées et en prenant successivement deux faces puis les deux faces adjacentes.

A la fin des opérations qui ont exigé deux journées, avec quatre vérins pour les 36 câbles, la voûte était décintree sur la presque totalité de sa surface. On s'en rendait compte en la sonnant au marteau ; elle adhérait encore au coffrage dans le voisinage des poteaux. Dans les jours suivants, le raccourcissement différé du béton des tirants, et peut-être aussi la forte chaleur qui a régné, ont achevé le décintrement de la couverture qui ne présentait plus aucun point d'adhérence au cof-

frage ; on s'en est convaincu à l'enlèvement du voligeage, le vide atteignant 6 mm dans la partie supérieure. Les étais qui avaient été maintenus sous les rives s'étaient complètement décollés au cours des mises en tension (fig. 27 et 28).

Ainsi la voûte entièrement décoffrée était simplement posée sur les têtes des poteaux, le plan horizontal au niveau de la face inférieure des tirants n'était traversé par aucune armature, et dans ce plan l'adhérence des bétons d'âge très différent était sûrement très médiocre. Aucun décollement n'a été constaté dans ce plan. Dans la voûte elle-même nous n'avons pu observer que deux ou trois fissures de retrait, extrêmement fines, et dont aucune ne s'étendait sur plus d'un mètre de longueur.

Cette observation confirme la stabilité de la voûte en l'absence d'encastrement aux naissances.

Le bâtiment d'entrée, dont j'ai dit le rôle dans la stabilité du mur de soutènement et de la façade qui s'appuie sur lui, est couvert par une dalle d'épaisseur variable en béton précontraint.

Cette dalle, de 30,50 m de longueur et 14,40 m de largeur, s'appuie sur deux files de poteaux écartés de 7,40 m, et aux extrémités sur deux murs pignons. Elle présente donc deux porte-à-faux de 3,50 m. Les poteaux de chaque file écartés de 6,48 m sont circulaires et ont 30 cm de diamètre (fig. 29).

L'épaisseur de la dalle était initialement prévue de 16 cm entre les files de poteaux, et diminuait jusqu'à 12 cm sur les

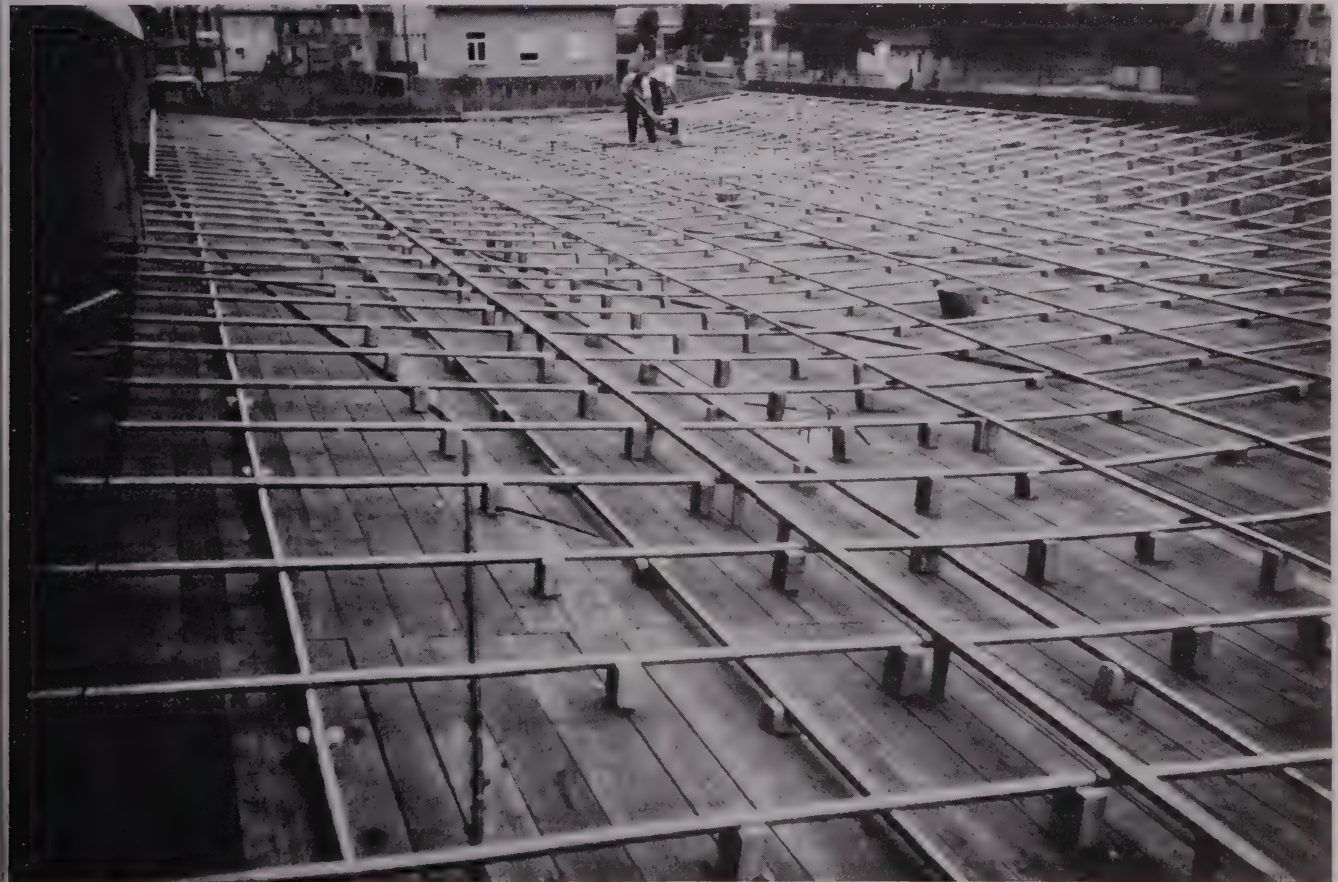


FIG. 30.



bords. L'écoulement des eaux pluviales exigeait une recharge, sur une des deux files de poteaux, atteignant au maximum 7 cm. Cette recharge a été exécutée en béton en même temps que la dalle dont l'épaisseur au droit des poteaux varie de 16 à 23 cm.

La précontrainte a été réalisée par deux nappes de câbles de douze fils de 5 mm. Les câbles transversaux ont une forme parabolique de manière à se rapprocher de l'intrados à mi-largeur de la couverture, et de l'extrados au droit des deux files de poteaux. Ils sont écartés de 72 cm. Les câbles longitudinaux parallèles aux files de poteaux sont rectilignes et horizontaux. Ils sont écartés de 105 cm. La densité d'acier dur ainsi mise en œuvre est de  $4,5 \text{ kg/m}^2$  soit moins de  $30 \text{ kg/m}^3$ . Les seuls aciers doux utilisés forment des quadrillages au-dessus de chaque poteau sur  $4 \text{ m}^2$ . Ce sont des barres de 8 mm écartées de 10 cm. Il n'y a pas de champignon (fig. 30).

L'exécution de l'ouvrage n'a pas présenté de particularités, en raison même des délais accordés. La voûte a été coulée sur un cintre en bois avec planches jointives, supporté par des perches convenablement étayées. Tous ces travaux ont été admirablement exécutés par l'Entreprise Gysperger et Cie.

La nature même de cet ouvrage entraînait pour les travaux de petit œuvre quelques particularités que je signalerai succinctement.

L'étanchéité de la voûte a été assurée par un multicouche du type paxalumin. L'écoulement des eaux pluviales ne peut se produire qu'aux quatre angles. Des gargouilles ont été

prévues en cas d'engorgement des descentes. L'isolation thermique est assurée par une projection d'amiante sur la face inférieure de la couverture.

Les deux chaufferies sont enterrées en dessous des tribunes. L'air chaud, distribué par une gaine située sous les gradins supérieurs et des colonnes verticales le long des façades latérales, est soufflé au-dessus de la circulation haute. L'air froid est repris au niveau du terrain de jeux dans un collecteur en béton armé situé sous les deux premiers gradins. L'air est partiellement renouvelé avec prise d'air frais à mi-hauteur de la façade et évacuation de l'air vicié par un conduit souterrain au-delà de l'ouvrage.

Les façades sont entièrement vitrées. Pour remédier aux dilatations prévisibles de l'ossature en béton et de la couverture, chaque vitre est maintenue par des profilés spéciaux construits par les Établissements Jarish, comprenant un élément porteur tubulaire en tôle pliée et un couvrejoint, ces deux pièces étant serrées l'une contre l'autre par un boulon qui les traverse. Le vitrage est pris entre les deux avec interposition d'un joint plastique.

Avant de terminer, je tiens à remercier M. Loudet, Directeur des Travaux de la Ville de Mulhouse, MM. Perrin et Girardet, architectes, et M. Wolf, Directeur de l'Entreprise Gysperger et Cie, de la confiance qu'ils m'ont montrée, et de la collaboration amicale que nous avons eue pendant la conception et l'exécution de l'ouvrage. Mes remerciements s'adressent également à M. Freyssinet dont les conseils m'ont été précieux.

## DISCUSSION

M. FREYSSINET. — J'ai un rôle très agréable à remplir qui est de constater d'abord avec quelle habileté et quel soin les dispositions ont été prises par l'architecte pour obtenir un ensemble extrêmement harmonieux et nos compliments iront à M. JEAN-BLOCH qui, je crois, a réalisé d'une façon absolument parfaite cette construction non difficile mais quand même assez délicate.

Il a examiné avec beaucoup de clarté le problème de l'étude des voûtes d'arête et montré comment on peut, en examinant deux systèmes d'organes de transmission des efforts jusqu'aux poteaux, arriver à des résultats tout à fait différents. En fait, je pense que dans une voûte d'arête, une très faible partie de la transmission se fait par le premier système qui a été examiné et la quasi totalité par le deuxième système; peut-être pourrait-on en trouver d'autres mais ceci n'a aucune espèce d'importance. En tout cas, le résultat est là. Il prouve que la voûte d'arête est un excellent système de couverture et qu'il n'y a aucune difficulté à en faire.

M. FAESSEL. — Je voudrais demander si M. JEAN-BLOCH ne croit pas que le tracé de la fibre moyenne de la voûte a une influence sur la façon de se porter de la voûte. Je veux dire qu'à la forme parabolique choisie, correspond un funiculaire qui est celui d'un ruban rectangulaire tandis qu'un fuseau qui se porterait lui-même et qui serait en plan à peu près triangulaire correspondrait à une fibre moyenne du troisième degré.

M. FREYSSINET. — Il est tout à fait certain qu'en modifiant la forme de la voûte, on peut modifier le système porteur; ce sont des études, je crois, extrêmement pénibles.

M. JEAN-BLOCH. — Je pense que la forme parabolique s'impose pour des systèmes où les charges sont à peu près uniformément réparties.

M. FREYSSINET. — On ne pourrait pas s'en écarter beaucoup de toute façon.

M. JEAN-BLOCH. — Je ne le pense pas.

M. FAESSEL. — La vue en plan d'un fuseau étant triangulaire la loi de charge n'est pas constante, donc n'amène pas un funiculaire parabolique.

M. JEAN-BLOCH. — Des contraintes perpendiculaires aux arcs élémentaires créent des surpressions ou des sous-pressions qui s'ajoutent aux charges verticales appliquées, et le funiculaire des forces résultantes est voisin de la ligne moyenne parabolique choisie.

L'équilibre d'un arc élémentaire donne naissance à des compressions normales le long de la ligne moyenne gauche, mais également à des réactions des arcs voisins. Ces réactions provenant des deux bords opposés se composent pour donner des actions verticales supplémentaires, dirigées tantôt vers le haut, tantôt vers le bas. Elles ramènent la courbe des pressions à une parabole. Si la ligne moyenne avait une forme autre que parabolique, le cheminement des efforts ne serait pas le même, et il n'est pas exclu que cette nouvelle forme reste funiculaire.

M. FREYSSINET. — Il semble que le fait que la charge est uniforme impose la forme parabolique à très peu près, quel que soit le cheminement que l'on utilise.

M. FAESSEL. — La charge est uniforme au mètre carré, mais la largeur n'est pas constante.

M. GUYON. — C'est de la noue dont vous voulez parler?

M. FAESSEL. — Non, de n'importe quel fuseau.

M. GUYON. — Ils sont soumis à des charges uniformes.

M. FAESSEL. — Leur largeur variant linéairement, la charge au mètre linéaire varie.

M. JEAN-BLOCH. — Ce sont les réactions perpendiculaires aux bords du fuseau qui rétablissent l'équilibre et viennent alléger les parties larges et alourdir les parties qui se trouvent aux naissances.

M. FREYSSINET. — Dans la première solution, les fuseaux sont parallèles aux façades; c'est une solution très simple, mais elle a un petit inconvénient; elle oblige à doubler le béton; en effet, il faut mettre dans la noue exactement la même quantité de béton que l'on met dans le fuseau parallèle.

Si l'on veut une solution homogène avec des fuseaux parallèles, on est amené à un renforcement considérable des noues; c'est exactement ce que j'avais fait à Villacoublay; j'avais renforcé les noues et j'étais arrivé à une solution très simple: comme on était très près du sol et que le béton ne coûtait pas cher je préférerais dépenser quelques mètres cubes de béton plutôt que de me fatiguer le cerveau pendant des semaines; mais pour une hauteur de 20 m le problème est différent et je trouve que M. JEAN-BLOCH a très bien fait de se donner plus de mal pour arriver à des solutions plus légères; c'est ce qui est intéressant dans sa solution. La voûte d'arête ainsi traitée devient une solution excessivement légère; de plus en plus, les architectes demandent aux constructeurs de réaliser des vaisseaux extrêmement vastes et qui ne soient pas encombrés par les tirants.

Je me souviens que dans un grand vaisseau que j'ai dû renforcer pour Europe n° 1, il y avait dix tirants de 50 m de long à 20 m de hauteur, sans accrochage intermédiaire. Cette disposition est évidemment dangereuse car si quelqu'un s'avisait d'y accrocher un palan pour soulever l'importe quelle charge, on risquerait un effondrement. La solution de M. JEAN-BLOCH a le gros avantage de ne pas présenter de tirants; il m'en a soumis dernièrement une autre dont probablement on vous parlera un jour également, sans tirants avec des portées de 80 m. Je crois que M. JEAN-BLOCH nous donne là un exemple qui est à suivre et qui peut être utile également pour les architectes et les constructeurs.

Les voûtes sont extrêmement intéressantes et permettent des combinaisons très curieuses et très variées; on peut d'ailleurs combiner des voûtes tendues et des voûtes comprimées et avec la précontrainte, on peut arriver à rendre tout cela très étanche. L'étanchéité donne une sécurité de plus aux constructeurs, mais je suis persuadé que dans l'ouvrage de M. JEAN-BLOCH l'étanchéité est ici tout à fait superflue.

M. GUYON. — Je voudrais répondre à une petite critique. M. Thierry JEAN-BLOCH a signalé qu'on l'avait obligé à faire quelques renforcements. Ces renforcements ont été demandés par Securitas; mais comme j'étais conseil de Securitas pour cet ouvrage, j'en prends la responsabilité, et je vais vous en expliquer la raison. J'ai peut-être péché par excès de prudence puisque l'expérience a montré que ces renforcements n'étaient pas nécessaires et que l'ouvrage a tenu sans cela.

Je ne sais pas si vous avez pu suivre ce qu'a dit M. JEAN-BLOCH sur ce sujet. J'avais demandé de renforcer les aciers des noues et d'autre part de réaliser un certain encastrement de celles-ci sur les poteaux à l'aide de câbles verticaux supplémentaires. Or, quand on a tendu les câbles des tirants, la voûte s'est décintrée alors que les câbles verticaux n'étaient pas tendus.

M. JEAN-BLOCH. — Il n'y avait pas de liaison avec les poteaux.

M. GUYON. — Les câbles verticaux étaient là, mais n'étaient pas tendus.

En tous cas, voici mon raisonnement.

Nous sommes en présence d'une construction dans laquelle beaucoup de systèmes porteurs sont possibles. Si on considère le premier système porteur dont a parlé M. JEAN-BLOCH, constitué par des anneaux parallèles aux arcs de rive et s'appuyant sur les noues, les noues sont funiculaires des réactions de ces anneaux si les charges sont uniformes par unité de surface projetée, et toutes ces conditions aux limites sont satisfaites. Mais on arrive, comme l'a dit M. JEAN-BLOCH à des efforts normaux très importants dans la noue.

Deuxième système possible. M. JEAN-BLOCH dit: « J'ai des arcs de rive, je peux les faire travailler », et il admet des cisaillements le long de ces arcs et s'impose au contraire de ne pas avoir le cisaillement de long des noues. Ce système est parfaitement

possible et les conditions aux limites sont satisfaites si les arcs de rive sont capables de résister à ces cisaillements. Or ils le sont, ou on peut faire en sorte qu'ils le soient et je vais y revenir.

Mais la noue n'est plus funiculaire. Il est facile de trouver l'état d'équilibre de la surface en exprimant la nullité des cisaillements sur les noues. Celles-ci sont soumises à des efforts uniquement verticaux mais non plus uniformes: ils sont proportionnels à la distance au centre. Si la noue était simplement appuyée sur les poteaux, si on supposait que son moment d'inertie est négligeable au centre, et si on supposait d'autre part que cette noue est un organe séparé du reste de la construction, on devrait la considérer comme un arc à trois articulations, pour lequel la ligne de pression, créée par ces charges, ne coïncide pas avec la ligne moyenne qu'aurait la noue si elle était réduite à la ligne idéale d'intersection des voûtes cylindriques. La ligne de pression est en effet une parabole du troisième degré et la noue idéale une parabole du second degré.

Nous savons très bien que ce ne sont là que des schémas, et que la noue n'a pas du tout pour axe l'intersection des deux voûtes adjacentes; la courbe de pression se décompose en deux courbes de pression, une dans chaque versant, qui passent sans difficulté jusqu'aux poteaux si elles trouvent de la matière, ce qui équivaut à un rapprochement relatif de la ligne moyenne de la noue et de la ligne de pression. Les aciers du fond de noue sont toutefois mis en traction (fig. 1).

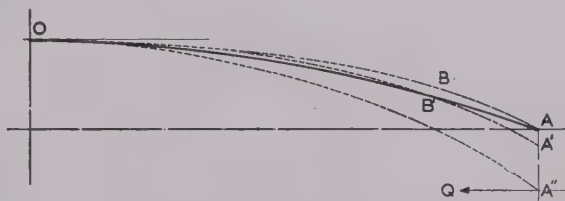


FIG. 1.

J'ai trouvé que les efforts demandés à la noue *pouvaient* être un peu élevés. Si l'on rend l'appui capable d'un certain moment d'encastrement, on permet à la courbe de pression de descendre de OA en OA', moyennant naturellement une diminution de la poussée qui se produira si c'est nécessaire, par le jeu d'adaptations purement élastiques. Il résulte de cette descente une diminution du moment positif entre O' et B' et par conséquent une augmentation importante de la sécurité.

Permettre à la courbe de pression de descendre en OA' cela signifie en réalité qu'on demande au poteau de pouvoir exercer une poussée Q à un niveau A'', la courbe OA' pouvant se décomposer entre OBA équilibrée par les tirants et OA'' équilibrée par Q.

OA'' d'autre part peut se décomposer en deux courbes de pression intérieures (fig. 2), l'une de compression OCA'' et l'autre de traction OEFA'' (la bielle CE équilibrant les poussées au vide et l'inclinaison FA'' de la ligne de traction étant l'effet des étriers, qui font passer la traction de F à l'extérieur en haut du

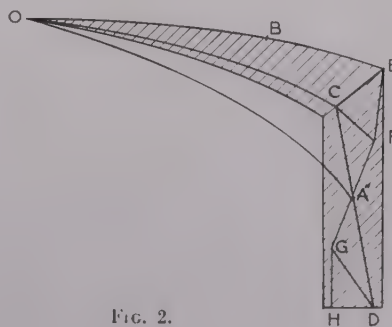


FIG. 2.



poteau, à H à l'intérieur en bas). Or de ce système résistant possible tout existait (béton sur OC et CD et armatures principales et transversales du poteau) sauf la barre de traction BE un peu faible et la liaison EF. Ce que j'ai demandé est le renforcement de BE et la liaison EF par câbles ancrés en D. J'étais ainsi tranquille et je ne pense pas avoir gaspillé les deniers de la ville; si je me rappelle bien, cela a dû coûter 250 000 F pour un ouvrage de cent millions. Cela valait bien le supplément de sécurité obtenu.

Si cela avait été au contraire prohibitif, j'aurais sans doute reconsidéré la question, car j'avais pour souci principal de ne pas abîmer l'ouvrage remarquable de M. JEAN-BLOCH. Il y a bien d'autres trajets possibles des efforts, et ceux-ci s'évaluent à la demande dans la matière suivant des lois que nous ne pouvons peut-être pas connaître mais que nous pouvons imaginer d'une manière raisonnable; et si nous nous sommes assurés que la matière peut résister dans le cas où les lois sont celles que nous avons imaginées, c'est-à-dire que les efforts peuvent bien être conduits jusqu'aux fondations, elle ne peut que résister encore mieux dans la réalité.

C'est ainsi que je me suis absolument opposé à une suggestion de renforcer les noues et de les matérialiser par des arcs massifs diagonaux. C'est absolument inacceptable.

M. FREYSSINET. — Qui pourrait avoir l'idée de placer des choses de ce genre dans un endroit où elles ne peuvent manifestement travailler? Elles renforcent un dièdre avec une nervure qui est cinquante fois moins rigide que le dièdre.

M. GUYON. — C'est vraiment affreux, et ce serait une paresse d'esprit rare. Cela procède de cette idée que si l'on considère le système de résistance que M. JEAN-BLOCH a appelé le système 1 (anneaux verticaux appuyés sur les noues) les réactions des anneaux sont des efforts concentrés sur une ligne, c'est-à-dire que les courbes de pression de deux anneaux aboutissant en un même point d'une noue et provenant respectivement de la voûte adjacente de droite et de la voûte adjacente de gauche, se coupent avec un point anguleux, alors qu'en réalité il y a un raccordement plus ou moins long à courbure croissante quand on se rapproche de la noue, et qui pousse au vide vers le bas en mettant en compression une bande plus ou moins large à cheval sur la noue (fig. 3). C'est ce qu'avait supposé M. JEAN-BLOCH et j'ai tenu à ce que cette conception soit entièrement conservée.

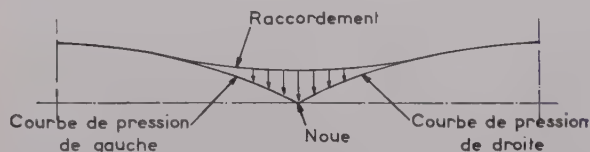


FIG. 3.

En ce qui concerne les systèmes résistants qu'on a appelés 1 et 2 je pense d'autre part qu'ils se rejoignent à cause de ces étalements des efforts.

Si en effet vous prenez le premier système, vous aurez des compressions dans les anneaux et des compressions importantes dans les noues. Ces compressions ne peuvent pas passer (à moins qu'on ait prévu des nervures massives dans les noues) sur la ligne idéale AC (fig. 4). Ils s'évaluent donc de part et d'autre. Si l'on considère deux de ces efforts de compression :  $ab$  et  $a'b'$  symétriques par rapport à AC, ils viennent buter en  $b$  et  $b'$  sur les arcs de rive en donnant des cisaillements dans le plan de ces arcs et une traction suivant  $bb'$ , cette traction elle-même soulageant, par suite de la forme en V de la coupe  $bb'$ , la noue OC. On arrive donc bien aux cisaillements introduits par M. JEAN-BLOCH en rive et aux efforts de traction dans l'angle, perpendiculaires aux noues. Et quand on adopte une loi raisonnable pour l'étalement de part et d'autre de la noue, on arrive à une distribution des cisaillements le long de l'arc

de rive tout à fait analogue à celle que donne le calcul dans le système de résistance 2.

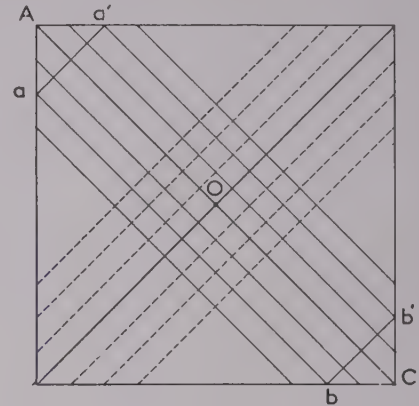


FIG. 4.

Mais alors il faut permettre à l'arc de rive de résister à ces cisaillements. Et c'est pourquoi j'ai demandé, du côté où l'arc de rive n'avait que cinq intervalles de poteaux (du côté où il y en avait neuf il n'y avait pas de question), un certain renforcement. Il suffisait d'organiser un des poteaux de vitrage (le plus près du poteau d'angle) de façon à lui permettre de servir d'étau à l'arc. Voilà la raison du deuxième des renforcements demandés.

M. FREYSSINET. — Du moment qu'il y a quelque chose de rigide, les efforts ne vont évidemment pas s'appuyer sur ce qui ne l'est pas.

M. GUYON. — Oui, et c'est pourquoi j'ai préféré cette petite modification.

M. FREYSSINET. — Vous renforcez la construction.

M. GUYON. — A très peu de frais.

M. JEAN-BLOCH. — Pour réaliser le second renforcement demandé par M. GUYON, les fers à vitrage n'étant pas approvisionnés, nous avons placé de gros étais verticaux sous les rives de la voûte, à une certaine distance des poteaux d'angle. Au cours de la mise en tension des tirants, ces étais se sont décollés et sont tombés.

M. GUYON. — Cela prouve, je crois, que ni l'hypothèse de M. JEAN-BLOCH, ni celle que j'avais faite au départ, ne se sont réalisées. Il s'est passé autre chose et je pense que ce qui s'est passé c'est que toute la voûte a travaillé comme un arc dans les deux directions diagonales.

M. FREYSSINET. — Vos hypothèses sont obligatoirement fausses, et je vais vous dire pourquoi; vous avez quelque chose qui est très résistant, c'est la raideur de ce système. Or la nature réalise toujours le système des déformations minima ou de l'énergie minimum. Donc elle réalise un système qui, obligatoirement, va inclure tous les modes de résistance possibles; tout système qui ne va pas inclure tous ces modes de résistance est nécessairement imparfait.

Cela veut dire qu'une construction est toujours plus solide qu'on ne le pense...

M. GUYON. — C'est exactement là où je veux en venir...

M. FREYSSINET. — ...pourvu qu'elle soit travaillée honnêtement.

M. GUYON. — Je représentais un organisme de contrôle et j'ai essayé de ne pas l'oublier. Nous n'avions pas la prétention de penser que le schéma que nous avons imaginé était celui qui allait se produire, et nous savions même à l'avance que ce ne serait pas exactement celui-là. Dans ces conditions il faut prendre une hypothèse et compter sur l'adaptation. Quand je dis que j'ai augmenté la sécurité en demandant cet encastrement, cela veut dire que s'il y en avait eu besoin une adaptation *aurait pu* se produire; on a le

droit de compter sur ces adaptations à condition qu'on aille jusqu'au bout de l'hypothèse c'est-à-dire qu'on permette aux efforts d'aller jusqu'aux fondations.

Je n'étais pas persuadé que c'était nécessaire mais ayant fait le bilan des risques et des dépenses j'ai cherché à ne pas jouer là où cela n'en valait pas la peine.

Je voudrais ajouter quelques mots au sujet du flambement. M. JEAN-BLOCH vous a dit qu'il ne s'en était pas inquiété. Intuitivement j'avais la même opinion, mais j'ai essayé cependant de la justifier. Or quand on cherche dans la littérature à ce sujet, on est un peu désorienté. On trouve des formules diverses, fonctions de paramètres qui diffèrent d'une formule à une autre et avec des coefficients qu'on vous dit être par exemple de 0,6 mais qu'on vous recommande de prendre égaux à 0,2. Il serait bien souhaitable que quelqu'un puisse faire le point de la question et indiquer la bibliographie et les confirmations expérimentales.

Je vous indique la formule que j'ai bâtie pour moi à cette occasion, mais je la donne pour ce qu'elle vaut.

Dans le cas particulier, les anneaux sont tous maintenus à leurs naissances, les noues ne pouvant sortir de leurs plans sans mettre en traction des génératrices qui vont s'attacher un arc de rive suffisamment contreventé par les poteaux.

Ces anneaux ayant des longueurs toutes différentes, on ne peut concevoir un flambage d'ensemble, mais il pourrait y avoir une cloque (fig. 5 et 6).

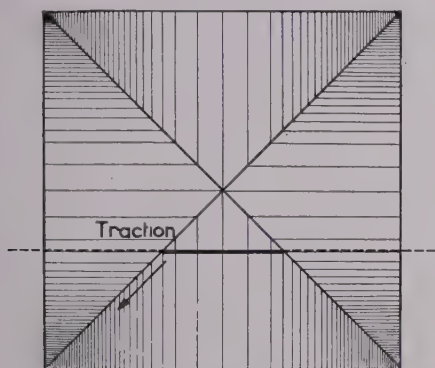


FIG. 5.



FIG. 6.

Je pense que ce qui contribue le plus à la résistance au flambage est l'énergie extensionnelle, c'est-à-dire que si une cloque veut se produire, la voûte se met en traction (ou compression). La voûte agit alors dans cette zone cloquée comme un ressort et si l'énergie de déformation du ressort est égale à l'énergie de déformation de flexion, il n'y aura pas flambement.

Or si on appelle  $w$  le déplacement dû à la cloque, l'allongement unitaire est  $\frac{w}{r}$ ,  $r$  étant le rayon de l'anneau. L'effort de traction

engendré par cette déformation est donc  $E e \frac{w}{r}$  ( $e$  étant l'épaisseur)

et le travail de déformation correspondant est  $\frac{1}{2} E e \frac{w}{r} \frac{w}{r}$ .

Si les charges appliquées à la voûte ont pour valeur  $p$ , l'effort normal est  $pr$ , le moment correspondant à la déformation  $w$  est  $r w$  et le travail de flexion correspondant est :

$\frac{1}{2} pr w \frac{pr w}{E I}$ . Il n'y aura donc pas flambement tant que

$$p^2 r^2 \frac{w^2}{E I} < E e \frac{w^2}{r^2}$$

$$\text{ou } p^2 r^2 < \frac{E^2 I e}{r^2} \quad \text{ou } \frac{E^2 e^4}{12 r^2}$$

La contrainte critique de flambage serait donc :

$$\frac{pr}{e} = \frac{E}{\sqrt{12}} \frac{e}{r} \quad \text{ou } \frac{n_{cr}}{E} = 0,29 \frac{e}{r}$$

Dans le cas de la voûte de Mulhouse,  $r = 50$  m,  $e = 0,07$  m

$$\frac{e}{r} = \frac{1,4}{1000}$$

Si on prend  $E = 100\,000$  kg/cm<sup>2</sup>, ce qui je crois doit être pris pour module dans les études de flambage, on aurait donc :

$$\text{Contrainte critique} = 0,29 \times 100\,000 \times \frac{1,4}{1000} = 40 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{Or, } p = 220 \text{ kg/m}^2 \quad \frac{pr}{e} = \frac{220 \times 50}{7 \times 100} = 16 \text{ kg/cm}^2.$$

Étant donné la marge de sécurité, puisque j'avais négligé toute interaction des anneaux, j'ai jugé inutile de poursuivre mes investigations dans le cas particulier. Mais il s'agissait d'un cas effectivement particulier à cause de l'arrêt créé par les noues et de la forme triangulaire en plan de la voûte limitée par deux noues.

M. FRESSYNET. — Pour un ouvrage très provisoire, une fois les voûtes décintrées, j'ai fait marcher des hommes sur la voûte et rien n'a bougé. Il s'agissait de savoir si, à l'état provisoire, je pouvais laisser les voûtes libres, ce qui est évidemment une facilité pour l'enlèvement des coffrages.

M. VALLETTE. — Je crois qu'on est amené à une conception analogue à celle qu'a indiquée M. Guyon pour étudier ce flambement car les formules de flambement ne conviennent pas; elles sont exagérées; un arc ne peut pas flamber.

M. FREYSSINET. — Si vous aviez vu l'allure de mes arcs, vous auriez vu s'ils ne pouvaient pas flamber.

M. VALLETTE. — Je sais, à cause du déplacement horizontal; ce n'est pas du tout le flambement eulérien par ondes. La charge du demi-arc avec les flèches seules donnerait une situation de flambement par ondes, mais on a un état fléchi à cause des déplacements horizontaux. Au pont de Fin d'Oise avec une flèche de plusieurs mètres on n'avait pas le flambement eulérien. (*Génie civil*, 1<sup>er</sup> fév. 1930).

Pour étudier les flambements, je fais comme l'a dit M. Guyon; je suppose une cloque déterminée, une erreur de tracé et je calcule la déformation qui en résulte. Si elle est supérieure à la cloque le flambement est possible; sinon le flambement n'est pas à craindre c'est aussi la méthode de M. Esquillan.

Pour le calcul des systèmes, je fais comme M. JEAN-BLOCH en définissant un système porteur et en calculant l'ouvrage pour ce système porteur; c'est vous-même, M. FREYSSINET, qui m'aviez donné cette leçon jadis.

M. FREYSSINET. — Il faut admettre pour le système porteur des déformations qui sont complètement en contradiction.

M. VALLETTE. — Il faut faire un calcul de déformation ou un essai sur modèle pour voir si le système choisi est bien le système porteur (qui est le plus rigide). Les efforts se distribuent bien ensuite suivant le système créé, les fortes sections calculées appelant les gros efforts (c'est aussi la technique d'Hennebique et de Bous-siron).

M. FAESSEL. — Je voudrais répondre à M. GUYON que nous avons cherché nous aussi des formules de cloquage; M. TIMOSCHENKO donne  $0,6 E \frac{e}{r}$  et il dit lui-même que les essais ne correspondent pas à ses calculs. Des ingénieurs américains de l'aéronautique ont repris ces calculs parce que M. TIMOSCHENKO n'avait



pas pris la bonne déformée; vous pourrez les trouver dans une revue aéronautique américaine à la bibliothèque de l'aéronautique : plusieurs études ont repris les travaux théoriques sur le cloquage. La dernière en date donne à peu près la formule de M. GUYON, après des calculs beaucoup plus compliqués, mais le coefficient n'est pas tout à fait le même : ils arrivent à 0,185 au lieu de  $1/3,5$ . Evidemment, avec un E de 100 000 cela ne fait plus beaucoup comme contrainte critique.

Quand la portée augmentera, je crois qu'il faudra commencer à se méfier du cloquage.

M. GUYON. — Je me demande si dans ce genre de formule, on a le droit de supprimer le E dans les deux membres; est-ce que c'est le même E qui intervient en flexion et en traction? Est-ce que la formule est confirmée par des essais?

M. FAESSEL. — Des essais très nombreux ont été faits en Amérique avec des cylindres métalliques qui confirment tout à fait cette formule; les essais arrivent à des coefficients plus faibles pour des rapports  $\frac{e}{r}$  extrêmement faibles ( $1/2\ 000$  ou  $1/3\ 000$ ) mais avec un rapport de  $1/700$  qui est à peu près celui de cette voûte, les essais donnent bien 0,18.

M. FREYSSINET. — Il y a une opération à faire sur le flambage. Dans les voûtes, on a des surcharges et on a des histoires de flambage. Il ne faut pas ajouter des surcharges au flambage car si le flambage peut se produire, c'est sous l'action des charges permanentes et avec des modules assez bas qui sont des modules différés; tandis que les surcharges qui vont entrer en ligne de compte sont des surcharges immédiates et le flambage qui devrait les accompagner doit être calculé avec les modules de la surcharge; c'est tout à fait autre chose. Il y a un écart entre les déformations instantanées et les déformations différées.

M. FAESSEL. — L'épreuve vis-à-vis du flambement dont M. FREYSSINET parlait tout à l'heure ne paraît pas suffisante; cela aurait pu aller au moment du décintrement et flamber quelques jours après. Sous les charges permanentes, le flambage n'a pas lieu immédiatement.

M. FREYSSINET. — Je vous ai parlé d'un essai qui avait pour but de savoir si je pouvais déplacer un cintre sans mettre d'étais; mais évidemment s'il s'était agi de laisser les voûtes en place indéfiniment, c'était différent.

M. FAESSEL. — En huit jours on peut avoir une chute de la contrainte critique qui varie du simple à la moitié. En quelques heures elle peut tomber de 30 %.

M. FREYSSINET. — En l'espace de huit jours, la déformation a le temps de doubler.

M. LEBELLE. — La surcharge de neige dure peut-être assez longtemps pour faire intervenir un module différé?

M. FREYSSINET. — Sûrement; elle peut agir pendant un mois ou deux; c'est suffisant; cela fait un module différé qui peut être entre  $1/2$  et  $1/3$  du module instantané; le module instantané sur de vieux bâtiments est de l'ordre de  $6 \times 10^6$  t/m<sup>2</sup>. Avec les bétons modernes, le module instantané a également la valeur  $6 \times 10^6$  t/m<sup>2</sup>. Même à ce moment-là les modules différés sont de l'ordre de  $2 \times 10^6$  t/m<sup>2</sup>.

Je ne connais pas d'accidents de voûte à l'exception d'un cas où l'accident était dû au fait qu'il y avait des articulations; une articulation de trop dans chaque voûte.

M. MAURIN. — Je voudrais poser deux questions au conférencier; d'abord, est-ce que les méthodes de calcul qui ont été présentées sont très différentes au point de vue quantité mise en œuvre des méthodes de calcul du paraboloïde hyperbolique bien connu avant 1938 où on avait des voûtes d'arête sur certaines surfaces? Je ne dis pas qu'elles couvraient 2 500 m<sup>2</sup> mais j'en ai construit qui faisaient 25 m × 25 m; est-ce que ces méthodes donnent des quantités inférieures au mètre carré?

Avant 1938, M. AIMOND, au Ministère de l'Air, pour les tra-

vaux d'infrastructure, avait mis en avant une théorie sur les voûtes paraboloïdes hyperboliques.

M. FREYSSINET. — Ce sont des paraboloïdes. Je n'ai jamais rien compris au parabolisme de M. AIMOND et je vais vous dire pourquoi; c'est un bon ami et j'ai eu maintes fois des discussions avec lui; fabriquer des constructions dans lesquelles la contrainte de compression était nulle en tous points, je veux bien... mais il faut passer par le cisaillement; ces constructions, il les appuyait sur des structures qui travaillaient à 150 kg à la compression; je n'y comprenais plus rien. Il avait des fissures et il disait que cela tenait au tassement du sol.

M. MAURIN. — Si je comprends bien, ces voûtes sont entièrement construites sur cintre; la question économie se présente; est-ce que ce genre de construction peut être considéré sous cet angle?; nous avions abandonné les fameux PH lancés il y a vingt ans, devant la nécessité de coffrer entièrement et de ne pas faire de déplacements de cintres; ou alors, c'était toute une affaire; il fallait descendre, ripper et remonter à la position nouvelle; on avait abandonné. La question se repose ici; on est obligé d'avoir une surface complète coffrée et pas de réemploi des coffrages. Est-ce que cela présente un intérêt?

M. JEAN-BLOCH. — Pas pour des constructions industrielles. Pour des ouvrages spectaculaires, on peut accepter cette dépense.

M. MAURIN. — Cela ne s'appliquerait qu'à des constructions spéciales et particulières qui n'auraient pas de réemploi possible.

M. FREYSSINET. — Toutes les fois qu'on abandonne la voûte en berceau ou les coupoles sphériques, avec certaines précautions on peut coffrer par fuseaux qu'on déplace, mais en dehors de cela on est pratiquement toujours amené à tout coffrer.

Les voûtes cylindriques, ce n'est pas toujours l'idéal. Si on avait des usines entièrement couvertes par des voûtes cylindriques, ce ne serait pas très beau et je comprends que les architectes cherchent quelquefois autre chose.

UN AUDITEUR. — Il faut respecter le point de vue architectural fantaisiste ou non, c'est lui qui commande. Le maître de l'œuvre est tout de même celui qui commande; le problème est posé en c'est au technicien à le résoudre et à l'entrepreneur à l'exécuter.

M. LE PRÉSIDENT. — Vous avez vu, d'après les photos, que le but est atteint; les photos d'intérieur, je peux vous le dire, ont été prises au cours de ces derniers jours où il y avait du brouillard; il faisait plus clair à l'intérieur de la salle qu'à l'extérieur; donc le but est atteint.

M. FREYSSINET. — Cela permet de donner des vitrages de l'ordre du tiers de la surface; c'est très satisfaisant.

M. LE PRÉSIDENT. — Il y a certainement un point qui vous intéresse encore et j'ai oublié de l'effleurer; c'est la question de savoir à combien est revenu ce terrain de sports. Nous avons ici le Directeur des Travaux Municipaux de Mulhouse, qui peut l'affirmer.

Au départ, nous étions à 77 millions; comme dans toute construction, ce chiffre a été dépassé; nous sommes aujourd'hui avec quatre avenants qui s'ajoutent à la somme prévue initialement et nous arrivons à 96 millions. On aura donc 2 500 m<sup>2</sup> couverts pour un prix inférieur à 100 millions; ce n'est pas exagéré.

M. JEAN-BLOCH. — Avec les installations intérieures?

M. LE PRÉSIDENT. — Oui, mais le chauffage n'est pas compté en totalité.

M. LONDET. — Toutes les gaines du chauffage central et le chauffage des sanitaires sont compris.

M. LE PRÉSIDENT. — Vous voyez que l'installation intérieure est faite : les gradins assis avec des bancs en bois etc..., vous vous rendez compte que cela fait à peu près 40 000 F au mètre carré; vous voyez que ce n'est pas exagéré. C'est tout ce que j'avais à vous dire.

Je vous remercie de votre attention ainsi que M. JEAN-BLOCH notre conférencier, et surtout M. FREYSSINET.

(Reproduction interdite)

Série : **BÉTON. BÉTON ARMÉ (48)**

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 28 JANVIER 1958

sous la présidence de **M. P. LEBELLE.**

Ancien Élève de l'École Polytechnique



(Photo Jacques Follet.)

## L'USINE DUNLOP A AMIENS

Sheds autoportants en béton armé

par **M. L. HAHN,**

Chef du Bureau des Études de l'Entreprise Dumez

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS  
CHAMBRE SYNDICALE DES CONSTRUCTEURS EN CIMENT ARMÉ  
ASSOCIATION FRANÇAISE DES PONTS ET CHARPENTES



## AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

Notre tradition veut que lorsqu'un conférencier prend pour la première fois la parole dans cette salle, le Président le présente. En l'occurrence, cette présentation n'aurait peut-être pas été indispensable attendu que vous connaissez tous M. Hahn soit personnellement, soit par ses écrits. Néanmoins, me conformant à l'usage, je vous rappelle que M. Hahn est Ingénieur de l'École Polytechnique de Bucarest; qu'il a débuté en France sous la direction de M. Aimond, au Ministère de l'Air, un peu avant la guerre. Il a eu alors à s'occuper de la construction de hangars pour avions et en particulier de couvertures formées d'éléments paraboliques hyperboliques, du système imaginé par M. Aimond.

Par la suite, M. Hahn a été ingénieur aux Entreprises Campenon-Bernard; il s'est alors occupé notamment des caissons faisant partie de différents quais construits en rade de Brest.

Puis il est entré à la Société Dumez où il a dressé de très nombreux projets, en particulier ceux de différentes couvertures importantes.

M. Hahn nous est aussi connu par ses publications, concernant le cercle de Mohr et la manière dont les armatures placées orthogonalement dans une paroi plane se comportent sous l'action des efforts que cette paroi supporte.

Deux mémoires importants de M. Hahn ont été publiés par l'Association Internationale des Ponts et Charpentes, l'un concernant les poutres à inertie variable s'appuyant sur un milieu continu élastique, l'autre, le flambement des anneaux en milieu élastique, comprimés radialement, à l'égard duquel des vérifications sont parfois indispensables, par exemple, dans le cas des grands réservoirs cylindriques enterrés ou dans celui des gazomètres.

A ma connaissance, aucune solution satisfaisante de ces deux problèmes n'avait été publiée avant les mémoires de M. Hahn.

Aujourd'hui, il va nous parler d'une grande couverture en sheds courbes exécutée sur son projet à Amiens. Les sheds voûtés, comme vous le savez, sont anciens; à ma connaissance les premiers qui ont été réalisés sont ceux qu'a édifiés M. Boussiron à la gare de Lyon. A cette époque, pour obtenir des portées importantes dans les plans vitrés, on prévoyait dans ces plans, soit des poutres en treillis, soit quelquefois des poutres-échelles. La difficulté de réalisation des constructions ainsi conçues était le déplacement des cintres. On n'avait que deux ressources, soit abaisser les cintres d'une hauteur égale à celle du shed et les faire passer sous les poutres placées dans les plans vitrés; soit les ripper longitudinalement. Ces mouvements exigent pas mal de temps et, sauf cas particuliers, ils sont dispendieux.

Depuis l'époque de leur apparition, de grands progrès ont été réalisés dans la construction des sheds voûtés. Vous savez que nous avons eu ici déjà deux conférences sur cette question extrêmement importante actuellement, en raison des besoins de l'industrie française, en pleine expansion. M. Samuel (\*) nous a décrit le type de sheds qu'il a mis au point et utilisé notamment lors de la construction de l'usine de Flins et qu'il emploie depuis; M. Thierry Jean-Bloch (\*\*) nous a entretenus des sheds en béton précontraint de l'usine Thomson d'Angers.

M. Hahn va nous indiquer une autre solution, différente de celle de MM. Samuel et J. Bloch. Ne voulant pas vous priver plus longtemps du plaisir que vous aurez à l'entendre je lui donne la parole.

(\*) Ann. I. T. B. T. P. n° 96, décembre 1955, p. 1267 à 1286 (Béton. Béton armé 34).

(\*\*) Ann I.T.B.T.P. n° 115-116, juillet-août 1957, p. 641 à 654 (Béton précontraint 24).

### RÉSUMÉ

L'atelier de la Société Dunlop de 280 m de longueur et 40 m de largeur est couvert par des sheds en béton armé. Une poutre caisson de 280 m de longueur disposée dans l'axe longitudinal soutient 102 sheds de 5,60 m de largeur et 20 m de portée dont l'autre extrémité repose sur des poteaux sur les longs pans ouest et est. Chaque shed est un voile cylindrique de 7 cm d'épaisseur à directrice parabolique qui est renforcé à sa base par une poutre chéneau et à sa partie haute par une nervure de bordure coiffant les vitrages en verre ondulé armé. Le calcul a été fait en assimilant le shed à une poutre en section déviée. L'exécution a été faite au moyen de dix cintres réemployables.

### SUMMARY

The workshop of the Société Dunlop is a 918 ft. long and 131 ft. wide structure covered with a reinforced concrete north-light shell roof. A box girder 918 feet long running the length of the building supports 102 north-light shells each of which is 18 ft. wide and has a span of 65-1/2 ft. The outer edges of these sheds are supported by columns on the west and east walls of the building. Each shell consists of a 2 3/4 in. thick cylindrical concrete shell with a parabolic directrix, and is stiffened at its base by a gutter-beam and at the top by a rib at the upper edge of the corrugated reinforced glass partition. The design was carried out by calculating the shell as a beam subject to oblique bending. Construction included the use of ten re-usable centerings.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

## EXPOSÉ DE M. HAHN

### Les données du problème.

La Société Dunlop a confié à la Société d'Études de Réalisation et d'Exploitations Thermique et Électrique (S.E.R.E.T.E.) le rôle de maître de l'œuvre pour la réalisation des bâtiments de l'usine de pneumatiques d'Amiens. Celle-ci s'est assurée le concours de MM. Madeline et d'Arsonval, Architectes D.P.L.G. La Société Dumez a établi

les études suivant une implantation indiquée par la S.E.R.E.T.E., implantation ne varietur.

Nous nous limiterons à l'exposé de la conception de la couverture de l'atelier de fabrication, qui présente un intérêt particulier; ce sera l'objet de cette conférence.

Le problème qui a été posé à l'Entreprise Dumez était le suivant :

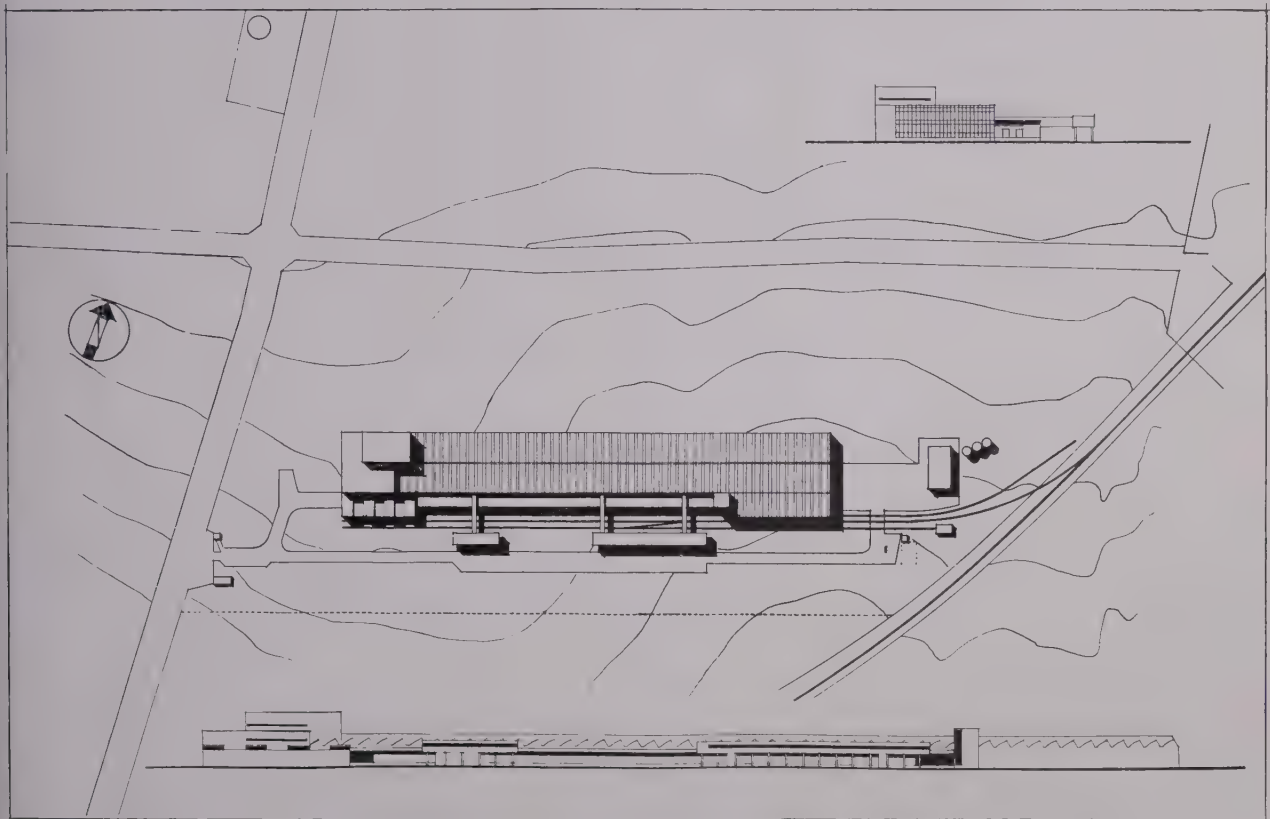


FIG. 1. — Plan d'ensemble de l'usine.



FIG. 1 bis. — Couverture vue par dessous.



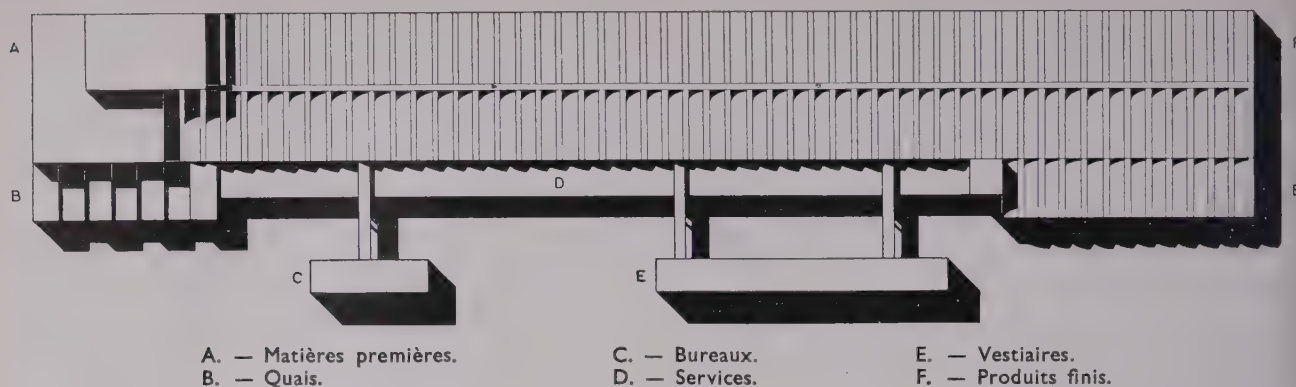


FIG. 2. — Plan du bâtiment.

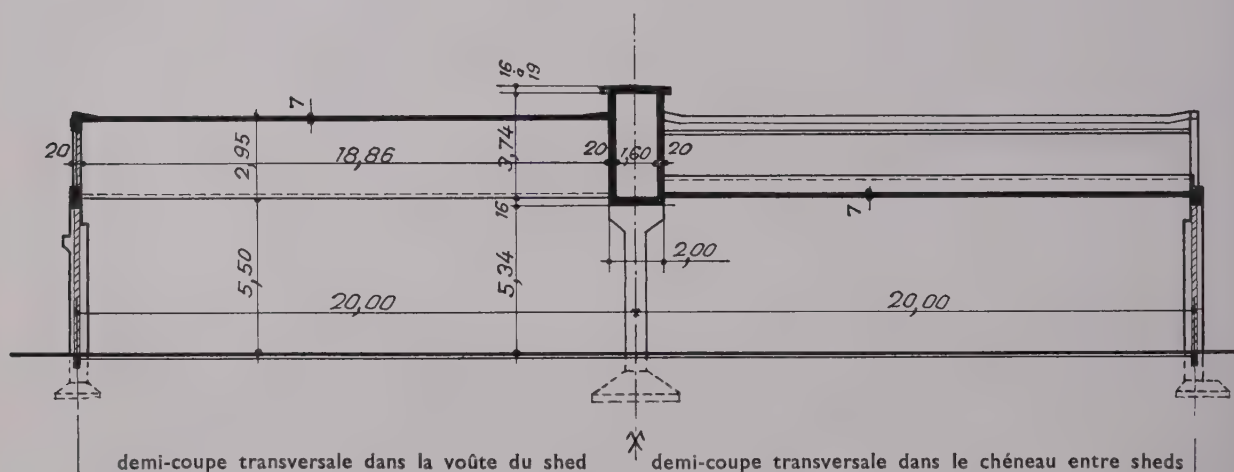


FIG. 3. — Coupe transversale sur l'atelier.

Couvrir un atelier de 280 m de longueur et de 40 m de largeur par des sheds. Une poutre caisson de 280 m de longueur étant prévue dans l'axe longitudinal de l'atelier, les portées des sheds étaient donc de 20 m environ.

Les 102 sheds de 5,60 m de largeur, disposés de part et d'autre de la poutre caisson centrale, sont supportés d'une part par cette poutre et d'autre part par des poteaux disposés tous les 5,60 m; sauf à l'extrémité est de l'atelier où un passage entre l'atelier et le quai a exigé la suppression de ces poteaux et où une poutre continue à âme pleine réalise l'appui. Ce quai est couvert par des sheds analogues mais de portée moindre, 16 m environ. Les figures 1 et 2 montrent la vue en plan de l'ensemble de l'usine. La figure 3 montre une coupe transversale de l'ouvrage. On aperçoit la poutre caisson en coupe, un shed en coupe et un autre en élévation, ainsi que le bord incliné du chéneau.

La figure 4 montre la coupe d'un shed, valable pour l'ensemble de la toiture.

C'est un voile cylindrique dont la directrice est une parabole d'axe perpendiculaire à la corde. L'épaisseur

rigoureusement constante sur toute l'étendue du shed est de 7 cm. Constituant les poutres de bordure, la nervure haute coiffant les vitrages a un coffrage de 16/40 et le bord incliné du chéneau à 10/77.

On remarque qu'aucune nervure transversale n'alourdit la voûte. Avantages : un coffrage de l'intrados d'une grande simplicité, donc facilité et rapidité de coffrage et de décoffrage; aspect satisfaisant; l'extrados est également lisse; donc grande rapidité de bétonnage, un shed est coulé en quelques heures. On aperçoit sur la figure 5 la poutre caisson de 280 m de longueur, les poteaux latéraux tous les 5,60 m et les tympans qui bordent le voile entre les poteaux.

Une autre particularité importante à signaler : l'absence complète de meneaux dans les plans des vitrages. Il en résulte une grande facilité de ripage des cintres. La figure 6 indique qu'il suffit d'abaisser les vaux de 40 cm pour échapper à la poutre de retombée et riper le cintre de 5,60 m qui est le pas des sheds. Par ailleurs, les vitrages étant constitués de verre ondulé armé en bandes de 1,9 m x 20 m unies et sans aucune ombre, leur aspect en bénéficie.

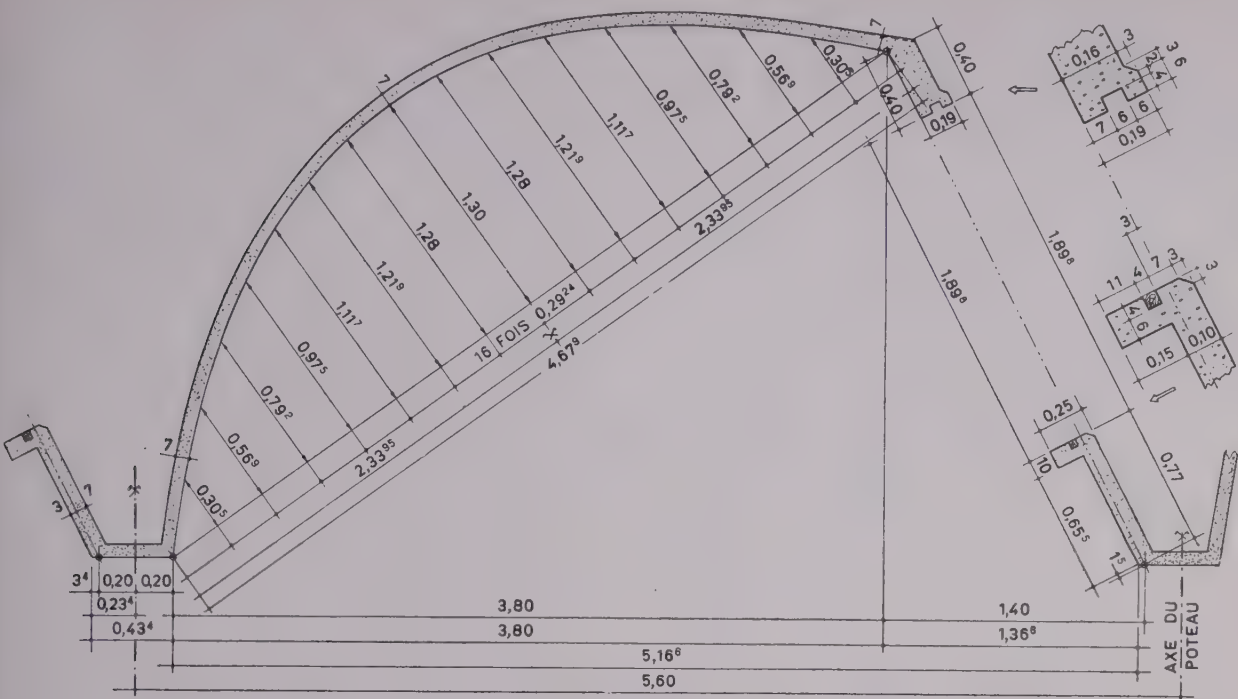


FIG. 4. — Coupe sur un shed. Coffrage.



(Studio Pierre Cry, Amiens.)

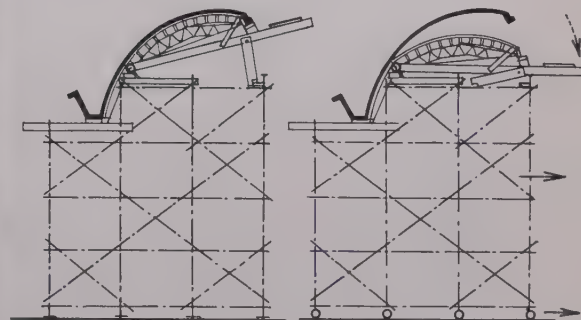


FIG. 6. — Ripage des cintres.

FIG. 5. — Vue de la couverture en cours de travaux.



La figure 7 présente une coupe longitudinale partielle dans les sheds. On note l'absence des meneaux. On constate également sur cette figure que les réactions d'appui d'un shed, qui, comme on le sait, sont uniquement des efforts de cisaillement tangents au voile, sont facilement absorbées par l'âme de la poutre caisson, quelques armatures spéciales ont été prévues à cet effet. Ce voile étant relativement flexible, les contraintes normales, c'est-à-dire parallèles aux génératrices du voile, sont faibles, et ont été négligées. Nous avons épaissi légèrement le voile à la rencontre avec la poutre caisson, pour éviter les fissures dues aux différences d'épaisseur entre le voile des sheds de 7 cm et l'âme de la poutre caisson de 20 cm.

La figure 8 montre les appuis des sheds sur la poutre caisson et sur les poteaux, du côté opposé à la poutre caisson. Ces derniers appuis sont constitués par des nervures paraboliques de faible section, sous-tendues par des tirants. On aperçoit le joint de dilatation. Ces joints traversent l'atelier de part en part. On aperçoit donc le même joint dans la poutre caisson. Mentionnons que cette poutre comprend dix travées de 28 m, en rappelant que la longueur totale est de 280 m. Les joints sont disposés tous les 56 m à l'aplomb des vitrages, donc pas de joint, ni dans le voile, ni dans les poutres de bordure. D'autre part, la poutre caisson est isostatique, elle comporte une série de consoles, les joints étant situés aux bouts des consoles. Les appuis au droit de tous les joints sont constitués par des plaques en caoutchouc.

Sur la figure 9 on voit les appuis des sheds sur poteaux, à plus grande échelle. On voit également le ferrailage des tympans et le joint de dilatation.

#### Calcul des sheds.

Rappelons que le calcul des voûtes cylindriques autoportantes a fait l'objet de très nombreuses publications.

On peut distinguer deux méthodes essentiellement différentes. La première concerne le calcul dit exact et la deuxième le calcul en poutre. Nous nous contenterons, pour comparer ces deux méthodes, de citer deux auteurs.

M. L'Hermite dans son ouvrage : Résistance des matériaux, p. 779, je cite :

« Cette hypothèse simplificatrice (méthode de la poutre) ne semble pas devoir apporter plus d'erreurs relatives que toutes les simplifications ajoutées à la théorie dite complète pour obtenir des équations différentielles intégrales. Elle a, en tout cas, le mérite de rendre le calcul facile et à la portée des ingénieurs des bureaux d'études qui n'ont généralement pas beaucoup de temps à dépenser dans des calculs longs et fastidieux où ils risquent au surplus, de se tromper en cours de route. »

M. Johansen, Professeur à l'École Polytechnique de Copenhague, dans son article : « Considérations concernant le calcul des voûtes minces cylindriques » traduit en français dans la revue « Béton armé » juin à septembre 1957 (communication présentée au troisième Congrès International des Ponts et Charpentes, Liège, 1948); je cite :

« Dans les voiles cylindriques, les efforts sont ordinairement déterminés par une équation aux dérivées partielles du huitième ordre. Le travail mathématique est très compliqué, notamment en ce qui concerne la détermination des constantes arbitraires devant satisfaire aux conditions aux limites. Les calculs numériques doivent être poussés jusqu'à la sixième décimale exacte. Les efforts ainsi obtenus déterminent les dimensions et l'armature du voile. On fait la somme des efforts de traction et on divise la résultante totale de traction par la contrainte admissible des aciers, sans tenir compte que la déformation ne correspond pas à la contrainte et que ni l'un ni l'autre ne sont constants dans toute la zone tendue. Cette sérieuse divergence entre la contrainte et la déformation réelle rend pratiquement

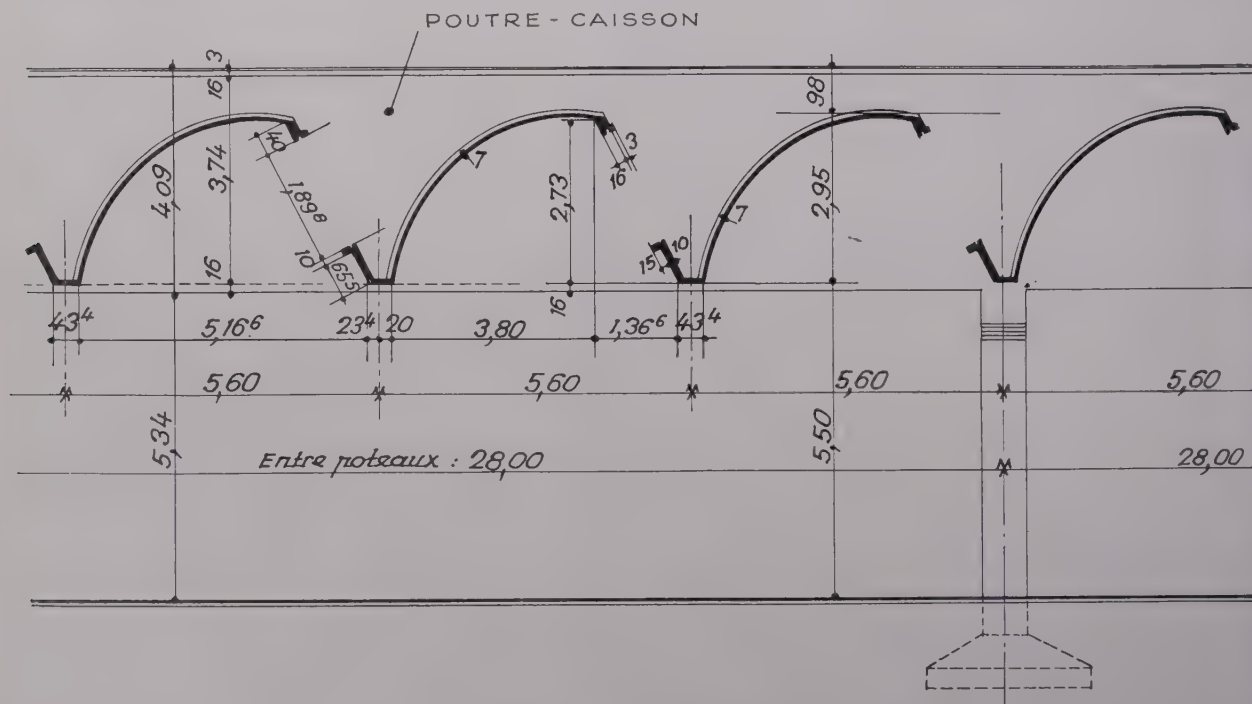


FIG. 7. — Coupe longitudinale partielle dans les sheds.

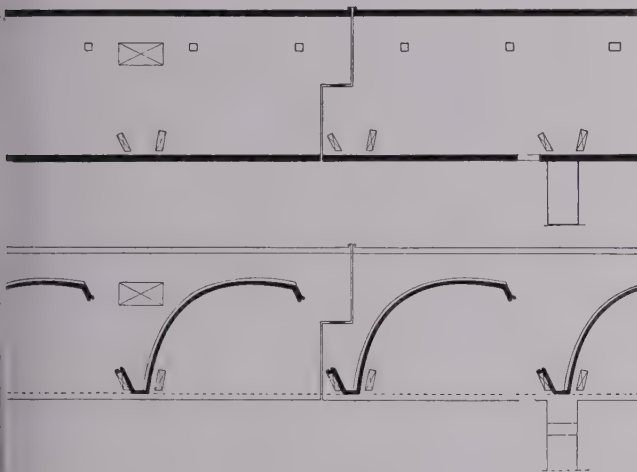
illusoire tous les beaux travaux mathématiques et les calculs compliqués. »

M. Johansen expose ensuite le calcul en assimilant le voile à une poutre en béton armé.

A notre connaissance la priorité de cette méthode revient à M. Vallette, méthode exposée dans son article du Génie Civil du 27 janvier 1934 : Considérations sur les voûtes minces cylindriques. J'ai moi-même traité cette méthode dans la Technique des Travaux, mai 1937 : Contribution à l'étude des poutres droites à âme courbe, application aux couvertures de hangars.

Pour conclure cette digression nous indiquerons que nous avons adopté la méthode dite de la poutre.

Rappelons que dans le cas des sheds, les voûtes étant inclinées, la résultante des charges verticales n'agit pas suivant un axe principal d'inertie du profil, on aura donc de la flexion déviée.



A. — Poutre principale.

B. — Shed.

C. — Tympan sur poteaux (élévation).

D. — Vue en plan par dessous.

FIG. 8. — Coupes et plan au droit d'un joint de dilatation.

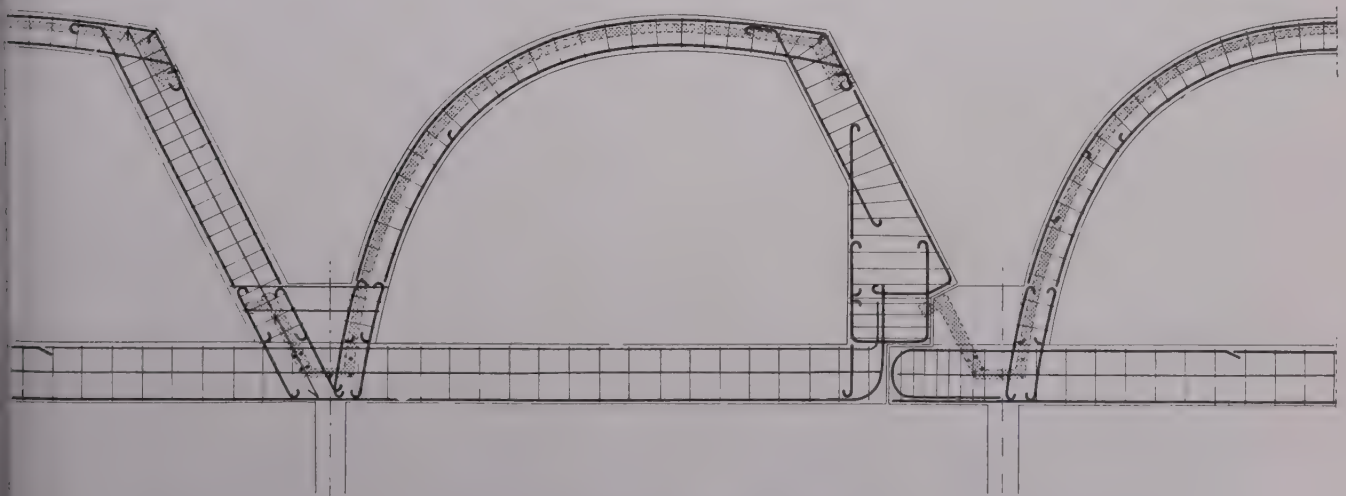


FIG. 9. — Ferrailage du tympan des sheds.



D'autre part, le centre de torsion du profil ne coïncide pas avec son centre de gravité. Il en résulte donc des moments de torsion importants. Dans les sheds habituels ces moments de torsion sont absorbés immédiatement, car chaque shed prend appui sur le shed voisin. Dans les sheds d'Amiens ces appuis manquent, car il n'y a pas de meneaux.

Il fallait donc faire absorber par chaque shed séparément les moments de torsion.

Lors de l'établissement des plans d'exécution nous nous sommes contentés d'équilibrer les moments de torsion par un couple de forces égales et de sens contraire agissant sur les poutres de bordure. La nervure haute était donc sollicitée par des charges s'ajoutant à son poids et le bord relevé du chéneau par des charges de sens contraire à son poids.

Nous avons essayé toutefois d'estimer dans quelle mesure le voile pouvait contribuer à la résistance à la torsion. La méthode la plus sûre consiste à considérer l'ensemble du profil ouvert constitué par le voile et les poutres de bordure et d'estimer sa résistance à la torsion. Le calcul analytique dans ce cas est très long. Un calcul graphique est peut-être possible, mais pour obtenir des résultats valables il faudrait connaître le degré d'exactitude auquel on peut arriver. Nous avons donc effectué un premier calcul approximatif. Le voile a été séparé des poutres-bordure. On peut déterminer les flèches dues à la torsion des naissances du voile ; mentionnons que ces flèches sont très grandes, et en introduisant des forces de liaison entre le voile et les poutres-bordure et compte tenu de la rigidité de chaque poutre-bordure on peut déterminer ces forces de liaison. En définitive, le voile absorbe environ 10 % du moment de torsion au milieu de la portée. Nous indiquerons dans une publication ultérieure le détail de ces calculs.

Donnons quelques indications sommaires. L'angle de rotation maximum du voile seul, sans tenir compte des poutres-bordure est environ la moitié de celui d'une plaque plane ayant une longueur égale au développement de la directrice du voile. Cette différence importante est due à des cisaillements complémentaires. Les cisaillements découlent de la présence des contraintes de compression ou de tractions longitudinales. Ce phénomène est bien connu pour des profils simples en [ ou en I. Timoshenko le justifie dans son traité de résistance des matériaux. On trouve une extension de cette théorie dans son article publié en 1945 dans le « Journal of the Franklin Institute » article traduit dans l'Ossature métallique, juillet-août 1947, comme l'a signalé M. Vallette dans une conférence précédente (\*). On indique dans cet article une formule donnant la déformation par torsion d'un profil en arc de cercle. Nous avons étudié la rotation d'un arc de parabole. Les formules auxquelles on arrive sont beaucoup plus compliquées que celles de l'arc de cercle ; ceci à cause de l'expression donnant la longueur de la parabole qui fait intervenir des logarithmes népériens.

### Essais de charge.

Nous avons effectué quelques essais de charge et des mesures de flèches qui s'imposaient pour ce type nouveau de sheds.

Premièrement, le chéneau doit supporter, suivant le marché, une surcharge de 4 t, répartie sur toute la longueur,

soit sur les 20 m. Un appareil Morin, qui permet la lecture à 1/10 de mm près, a été placé à l'aplomb du chéneau et un autre appareil extrêmement sensible qui permet la lecture à 1/100 de mm près, a été placé à l'aplomb de la nervure haute. Les déplacements étaient transmis aux deux appareils par l'intermédiaire de masses pesantes suspendues à des fils en invar. Le chéneau a été chargé par des rails. Les résultats suivants ont été enregistrés :

- Flèche maximum du chéneau..... 0,9 mm
- Flèche négative de la nervure haute..... 2 mm

Cette flèche négative illustre bien l'effet de la torsion, car la surcharge du chéneau était fortement excentrée.

Deuxièmement, après enlèvement de la surcharge du chéneau on a chargé la nervure supérieure au milieu de la portée de 500 kg environ, surcharge réalisée par six ouvriers disposés à cet endroit. La flèche maximum enregistrée sous la nervure était de 1,9 mm. Ces flèches sont beaucoup plus faibles que celles résultant de notre calcul approximatif indiqué ci-dessus. Nous pensons que la différence s'explique par la résistance à la torsion des poutres de bordure. Nous nous sommes aperçus que cette résistance est comparable à la résistance à la torsion du voile. Il semble assez malaisé d'introduire ce nouveau facteur dans le calcul approximatif. Nous allons donc entreprendre le calcul qui tient compte de l'ensemble du profil et nous essayerons de justifier les flèches réelles mesurées sur place.

Les calculs théoriques des flèches globales de la poutre-voile, compte tenu de la flexion déviée de l'ensemble du profil, ont donné avec un module d'Young de 200 000 kg/cm<sup>2</sup>, 8 mm environ. On pense mesurer ces flèches aux prochains décoffrages des sheds de 15 m qui sont en cours de construction.

### Exécution des sheds.

Disons quelques mots de la marche du chantier :

Les deux premiers sheds (l'atelier total en comprend 102) nous ont servi à mettre au point certains détails de coffrage ou d'échafaudage. Ils ont été commencés le 15 juillet ; cette phase de « rodage » s'étendit jusqu'au 15 août.

A partir du mois d'août, nous avons commencé à fabriquer un shed par jour ouvrable, jusqu'à la fin de l'exécution. Nous avons d'abord étudié plusieurs solutions, en cherchant, d'une part, à amortir au maximum les cintres réalisés, donc à avoir le plus grand nombre de réemplois possible, et d'autre part, à créer une certaine émulation entre les équipes chargées de l'exécution.

En partant des hypothèses suivantes :

1° Temps nécessaire à l'exécution complète d'un shed :

4 jours se décomposant ainsi :

ripage et coffrage .....	1 jour
ferraillage .....	1 jour
bétonnage du chéneau .....	1 jour
bétonnage du voile mincé .....	1 jour

2° Temps minimum de durcissement : 6 jours

il nous fallait donc 10 jours pour un cycle complet.

Comme, d'autre part, on nous accordait un délai de quatre mois pour réaliser cette partie de l'usine, soit environ 100 jours de travail, le nombre optimum d'emplois était de 100 divisé par 10 = 10 emplois.

(\*) Thierry Jean-Bloch : L'usine Thomson Houston à Angers. Sheds pré-contraints auto-porteurs, Ann. I. T. B. T. P., juillet-août 1957 n° 115-116 (Béton précontraint n° 24).

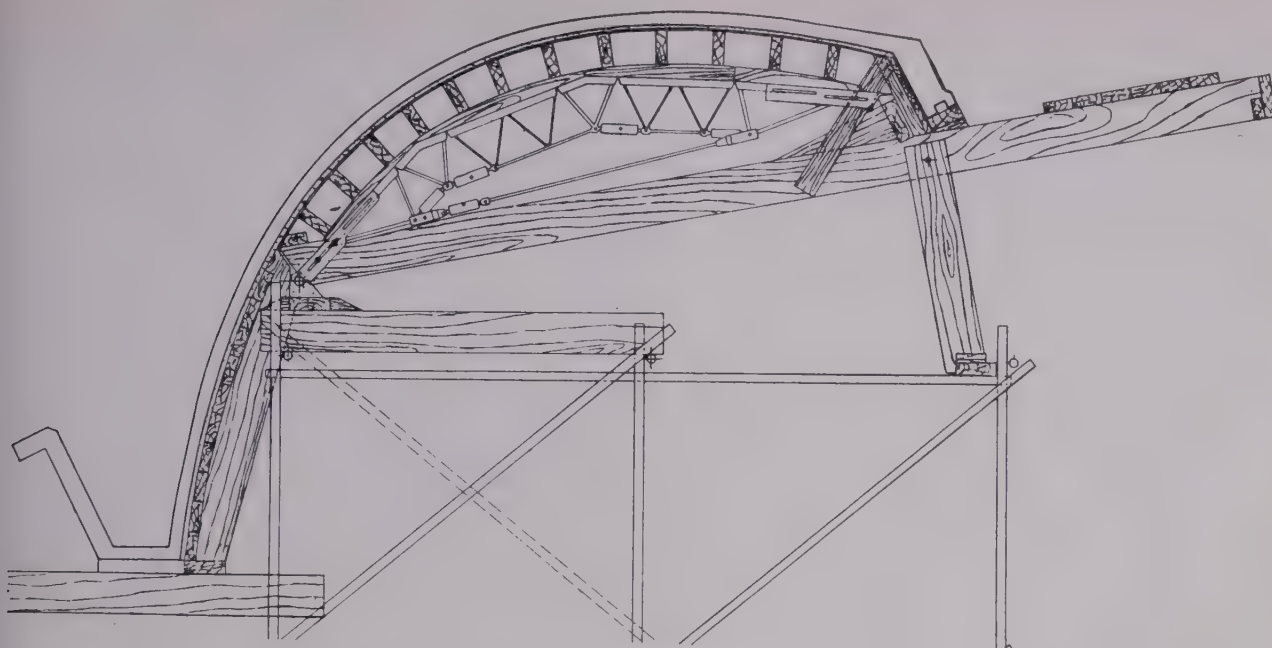


FIG. 10. — Détail du cintre.

Ce nombre d'emplois coïncidant avec la durée d'un cycle complet, nous avons été amenés à réaliser une chaîne de fabrication, dans laquelle les différentes équipes spécialisées avaient, chacune, exactement le même travail à effectuer chaque jour, et cela, pendant quatre mois.

Nous avons donc monté dix cintres complets sur échafaudage tubulaire mobile.

Chaque cintre est composé de deux moitiés ripables indépendamment, pour faciliter l'opération qui s'effectue à l'aide de lorries sur une voie de 0,60 m. L'échafaudage est composé de tubes « Entrepose » (fig. 6 et 10). Le cintre est formé de vaux en éléments « Hico » épousant la courbure du voile. Un solivage en bastings et un platelage en volige terminent le coffrage proprement dit. D'autre part, la sous-face devant être isolée, des plaques de polystyrène expansé de 2 cm d'épaisseur sont étalées sur le coffrage avant de mettre les armatures. L'adhérence de ce matériau au béton étant excellente, on n'a pas besoin de prévoir d'attaches spéciales pour en assurer l'accrochage. L'articulation est réalisée à l'aide de pièces métalliques formant rotule. La rotation de la partie mobile s'effectue (fig. 10) à l'aide de poulies, manœuvrées depuis le sol par des éléments Tirfor.

Les tonnages de matériel employé se répartissent ainsi :

— Échafaudage Entrepose.....	10 t
— Poutrelles Hico.....	1 t
— Bois 19 m <sup>3</sup> , soit environ.....	19 t
Au total.....	30 t

soit 15 t pour chaque moitié indépendante.

Ces tonnages peuvent paraître élevés, compte tenu de la faible surface à coffrer, puisque l'intrados ne représente que 120 m<sup>2</sup> par shed. Cependant, étant donné la hauteur qui

dépasse 8 m, et la longueur de près de 20 m, pour une portée d'à peine 6 m, nous avons été obligés de réaliser des ensembles fortement triangulés pour éviter les déformations du coffrage, au moment des décentrement et des ripages. En effet, pour un voile de 7 cm d'épaisseur totale, la tolérance ne saurait dépasser 3 mm, ce qui est extrêmement faible.

Les différentes phases de l'exécution se sont pourtant déroulées d'une façon satisfaisante, malgré certaines appréhensions qu'il serait vain de cacher, car un chantier de travaux est loin de ressembler à une usine d'automobiles.

Il a fallu d'ailleurs prendre quelques précautions indispensables, surtout par temps froid, et nous avons dû couvrir le béton à l'aide de parapluis légers, en tubes bâchés, sous lesquels des radiateurs électriques étaient répartis. Sauf la semaine du 1<sup>er</sup> au 7 décembre, où le thermomètre est descendu à — 5°-6°, la chaîne n'a pas été interrompue.

Il faut remarquer d'ailleurs que tout le personnel du chantier a compris l'importance de l'expérience en cours, et que chacun a donné le meilleur de soi pour gagner la partie. L'émulation s'est créée entre les différentes équipes spécialisées (boiseurs, ferrailleurs, bétonneurs) chacune d'elles mettant un point d'honneur à achever son travail quotidien, malgré les orages ou le vent, le froid et les habituels incidents de chantier.

Indiquons qu'actuellement les 102 sheds de 20 m sont complètement achevés et décoffrés et que les sheds de 15 m sont en cours d'exécution.

En conclusion, nous tenons à remercier très sincèrement les Ingénieurs de la Société Dunlop, et en particulier M. Guérin, Sous-Directeur Général, ainsi que les Ingénieurs de la S.E.R.E.T.E., pour l'esprit de franche coopération qu'ils ont insufflé à notre travail commun.



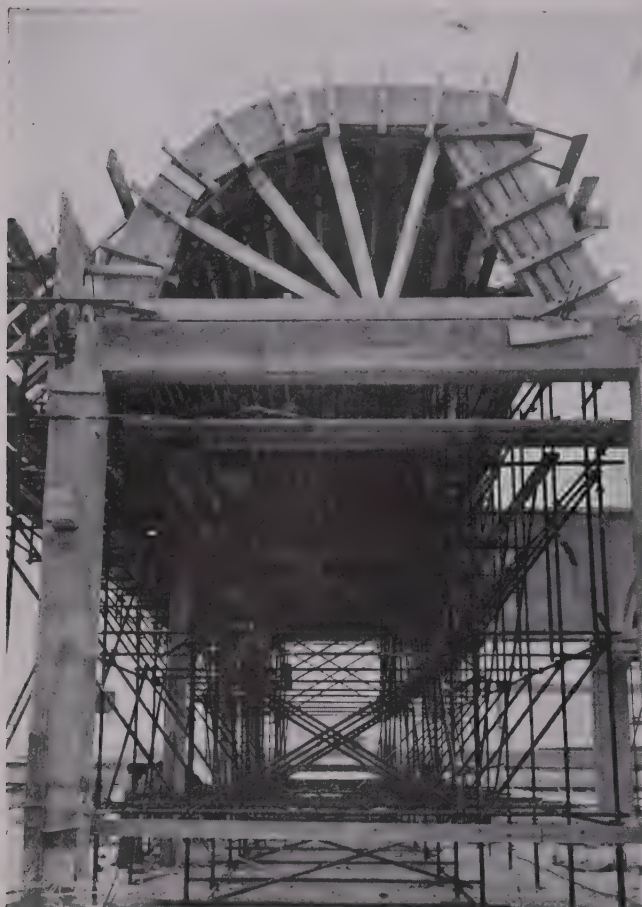


FIG. 11. — Échafaudage d'un shed et coffrage du tympan sur poteaux. (Photo Hacquart, Amiens.)



FIG. 12. — Chaîne de fabrication : on voit des sheds coulés et décoffrés un shed coffré, l'isolement thermique en feuilles de polystyrène expansé 2 cm d'épaisseur posées sur le coffrage et les cales en béton pour assurer la mise en place correcte des armatures. On voit également la poutre caisson et les fers en attente des sheds. (Photo Hacquart, Amiens.)



FIG. 13. — Chaîne de fabrication : on aperçoit nettement les nervures et les tirants des tympans, le renflement d'une béquille au droit d'un joint de dilatation et les poteaux. (Photo Hacquart, Amiens.)



FIG. 14. — Façade latérale. Remplissage en parpaings du tympan. On aperçoit un joint de dilatation et on note l'absence des meneaux dans la partie vitrée. (Photo Hacquart, Amiens.)

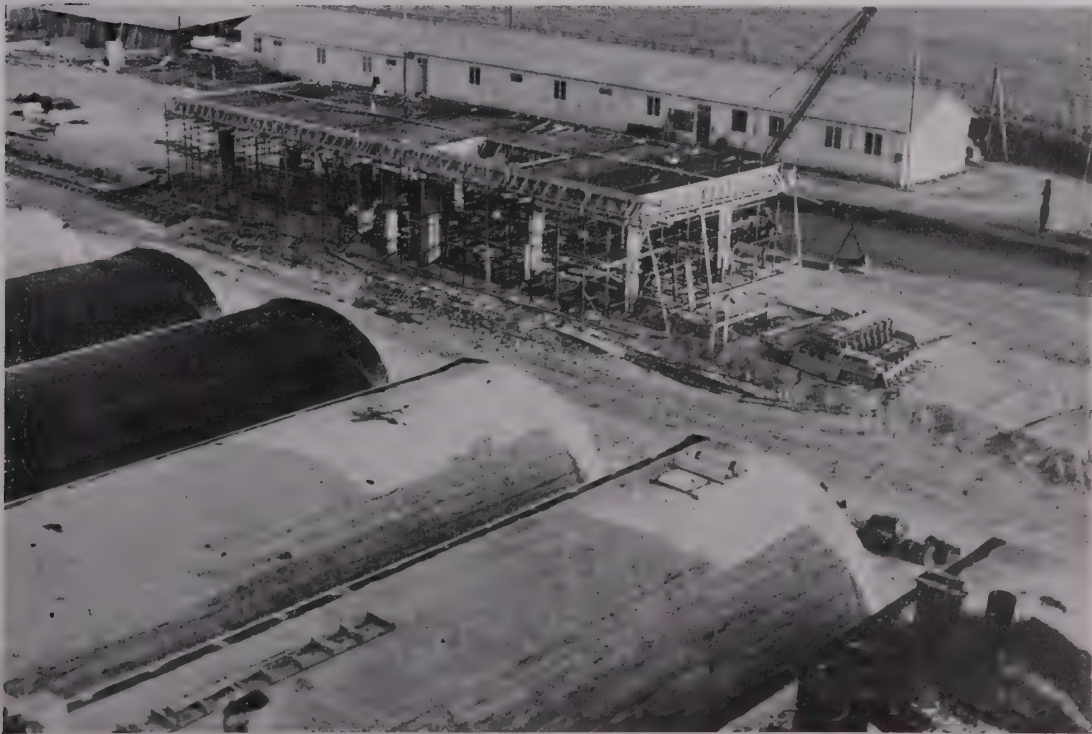
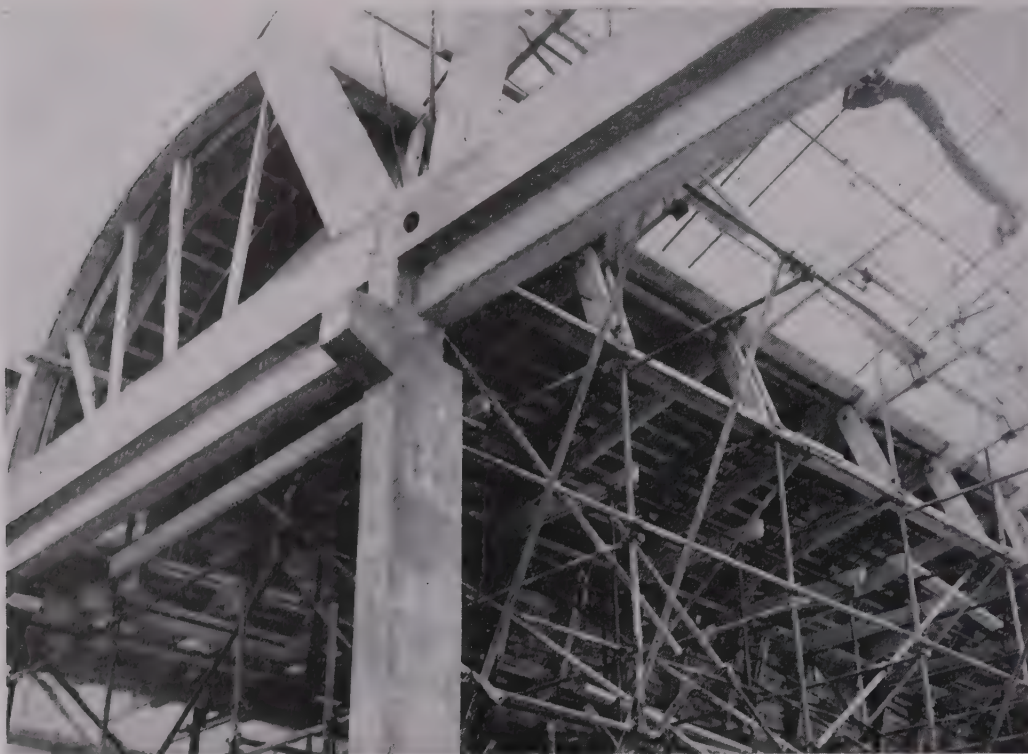


FIG. 15. — Six sheds sont achevés. On prépare la pose de l'étanchéité. (Photo Hacquart, Amiens.)





(Studio Pierre Cry, Amiens.)

FIG. 16. — Détail des coffrages et des échafaudages.



(Studio Pierre Cry, Amiens.)

FIG. 17. — Coffrages en lames minces de bois de l'intrados de la voûte.

**M. le Président.** — Vos applaudissements montrent que M. Hahn vous a intéressés et, en conséquence, nous devons le remercier de ses explications très détaillées. Le système de construction qu'il a proposé et qui a été réalisé est particulièrement simple, aussi bien du point de vue du projeteur que de celui de l'exécutant, ce qui lui confère un grand intérêt.

Je demande à ceux qui voudraient poser quelques questions à M. Hahn de bien vouloir le faire.

## DISCUSSION

**M. P.-M. GAUTHIER.** — Avez-vous été obligé d'employer le double coffrage dans la partie de retombée presque verticale ?

**M. HAHN.** — Oui.

**M. P.-M. GAUTHIER.** — Jusqu'à quel angle à peu près ?

**M. AZOULAI.** — Environ 30° sur l'horizontale.

**M. P.-M. GAUTHIER.** — Vous avez fait de la vibration ?

**M. AZOULAI.** — Oui.

**M. P.-M. GAUTHIER.** — M. Lebel a bien voulu, en commençant, rappeler l'expérience de M. Boussiron à la Messagerie-Départementale en 1924, et comment les échafaudages pouvaient être étudiés pour rouler, soit en passant en dessous des sheds en s'abaissant, soit en se ripant latéralement; mais, initiative capitale pour l'économie de l'exécution, dans cet ouvrage, le constructeur a évité l'obstacle s'opposant au roulage sud-nord, c'est-à-dire la retombée basse formant chéneau. Celle-ci était bétonnée en second lieu après roulage de l'échafaudage et en arrière de celui-ci, grâce à des armatures réservées en amorces dans les poteaux et qui pouvaient être aisément repliées et redressées. Pour les grandes portées est-ouest les triangulations étaient également exécutées en second lieu avec des amorces et en employant des poutres ou pylônes provisoires sous la faîtière coupant le cintre poulant en deux ou trois tronçons très faciles à déplacer et raccorder par exemple à Oran en 1926, avec des bielles tendues très légères, et ensuite à Clermont-Ferrand).

Par ailleurs, le problème des hourdis voûtés a continué à être examiné simultanément, et je crois que M. Boussiron a été également un précurseur, avec son génie intuitif de constructeur, lorsqu'il faisait établir par mon collègue Dupleix, en 1925 ou 1926, un certain nombre d'épures types, dans lesquelles il admettait la décomposition progressive des forces suivant les éléments longitudinaux des voûtes jusqu'à la clef, solutions qui ont reçu dès cette époque des applications importantes.

En ce qui concerne les sheds avec suppression des éléments dans le pan vitré que vous nous avez décrite aujourd'hui, le premier pas dans cette voie a été fait en 1947 à la R.A.T.P. pour l'atelier de réparation rue Championnet. C'est un chantier qui a été visité à l'occasion du Centenaire du béton armé et du Cinquantenaire de l'Entreprise Boussiron; les portées étaient de 14 m dans le sens des retombées.

**M. Esquillan** a rappelé ce travail en marge de sa communication sur le hangar de Marignane <sup>(1)</sup>. Je vous invite à vous y reporter pour ceux que la question intéresse.

Je pense enfin qu'il faut aussi souligner le beau succès obtenu par M. Hahn en ce qui concerne les délais extrêmement courts réalisés. Ce sont des délais qui rivalisent avec ceux de la charpente métallique et je crois que si on tient compte des délais de préparation en atelier de la charpente métallique, ils doivent même être supérieurs.

**M. HAHN.** — Le mérite en revient au chantier.

**M. Bisdorff.** — Le polystyrène n'a-t-il pas eu à souffrir de la mise en place des armatures et du coulage du béton ?

**M. AZOULAI.** — Non, il n'a pas vraiment souffert. Évidemment, les ouvriers ont marché autant que possible sur des planches qui répartissaient les pressions. Nous avions fait auparavant l'expérience d'exercer une pression sur le polystyrène avec une petite surface pour mesurer l'enfoncement. Nous avons constaté qu'il était assez faible et que le polystyrène, étant un matériau élastique, reprend son épaisseur initiale.

**M. P.-M. GAUTHIER.** — Y a-t-il des armatures obliques, ou les armatures sont-elles placées suivant les directrices et les génératrices ?

**M. HAHN.** — Uniquement suivant les directrices et les génératrices.

En somme, l'effort tranchant a été absorbé suivant les deux directions. Cela présente un avantage, c'est que la pose des armatures est extrêmement facile, tandis que pour les barres inclinées, c'est une autre histoire.

**M. SAMUEL.** — Est-ce que M. Hahn pense qu'on aurait pu faire un shed de largeur plus grande que celui-ci avec la même méthode de calcul ?

**M. HAHN.** — Oui.

**M. SAMUEL.** — J'ai l'impression que vous n'êtes pas loin de la limite possible de cette méthode de calcul.

**M. HAHN.** — Il semble que lorsque les portées deviennent trop grandes il faut penser au béton précontraint. Dans le cas présent on n'a pas eu de difficulté insurmontable, ni pour les aciers, de coûts prohibitifs.

**M. le Président.** — Vous faites allusion, M. Samuel, au rapport de l'ouverture à la portée, ou simplement à l'ouverture ?

**M. SAMUEL.** — Simplement à l'ouverture.

**M. le Président.** — Ne croyez-vous pas que c'est surtout la forme de la voûte qui est prédominante ?

**M. SAMUEL.** — Je crois que la forme de la voûte ne joue pas beaucoup. Les moments de flexion transversale croissent très rapidement si on dépasse 8 m et je ne pense pas qu'on puisse dépasser cette portée sans faire de la précontrainte.

**M. HAHN.** — La raideur de la voûte a amené une grande économie dans les aciers longitudinaux. C'est pour cela que j'ai augmenté la flèche; ainsi le moment d'inertie croît et par conséquent la flexibilité se trouve diminuée.

**M. SAMUEL.** — Nous avons réalisé des sheds jusqu'à 12 m de portée, mais on a dû passer des nervures transversales.

**M. HAHN.** — Pour la flexion transversale ?

**M. SAMUEL.** — Oui.

**M. HAHN.** — On concentre ainsi la flexion transversale tous les 5 ou 6 m et on obtient une raideur plus forte. Mais le bétonnage est plus difficile. Dans le cas présent le bétonnage de la voûte a duré à peine six heures.

**M. SAMUEL.** — Vous arrivez à quelle épaisseur moyenne ?

**M. HAHN.** — 10 cm. La voûte fait 7 cm sur la plus grande partie de sa surface; le chéneau est épais, il fait 10 cm et la nervure fait 16 cm, mais elle n'est pas haute, l'épaisseur moyenne est de 10 cm.

<sup>(1)</sup> M. ESQUILLAN : Le hangar en béton armé à deux nefs de 101,50 m de portée de l'aéroport de Marignane. Ann. I.T.B.T.P. septembre 1952, Béton armé n° 20 p. 834.



M. SAMUEL. — Vous avez utilisé des aciers mi-durs ?

M. HAHN. — Oui, des aciers Caron que l'on a fait travailler à  $21 \text{ kg/mm}^2$  et également des aciers doux.

M. KAVYRCHINE. — Pouvez-vous nous donner l'ordre de grandeur du cisaillement de la voûte et des appuis ?

M. HAHN. — Je crois qu'il est de l'ordre de 10 kg.

M. BISDORFF. — Comment se détermine le centre de torsion ?

M. HAHN. — Le centre de torsion d'une voûte parabolique est assez facile à déterminer si on néglige le surbaissement et si l'on confond la corde avec l'arc. Il est sensiblement du  $1/5$  de la flèche au-dessus. Les calculs sont plus compliqués si l'on tient compte de la longueur de la voûte. Je crois que la distance passe du  $1/5$  au  $1/4$  de la flèche. Ce qui est très difficile, c'est de déterminer le centre de torsion de la voûte compte tenu du chéneau, et de la nervure haute, c'est-à-dire de l'ensemble du profil.

M. BISDORFF. — Quelle est la définition du centre de torsion ?

M. HAHN. — C'est le centre d'application du cisaillement en cas de flexion simple déviée.

M. VALLETTE. — Il se détermine graphiquement.

M. HAHN. — Oui. J'ai constaté une chose, c'est que le moindre déplacement du centre de torsion a une grosse influence. C'est

extrêmement sensible et si on le détermine graphiquement, on ne connaît pas l'ordre de grandeur de l'erreur.

M. METZ. — Est-ce que le plan vitré en polystyrène est fixé d'une façon rigide ?

M. HAHN. — Non, le polystyrène constitue l'isolement thermique sur la voûte. Ce plan vitré est constitué de plaques en verre armé ondulées qui s'appuient en bas et sont libres en haut.

M. FAESSEL. — Pour résister à la torsion vous avez pris deux poutres qui résistent à un couple. Pourquoi limiter la partie active de ces poutres comme vous l'avez fait et pourquoi ne pas intensifier une plus grande partie à la résistance ?

M. HAHN. — Parce qu'il fallait aller vite. La question sera reprise plus complètement.

M. LESSINE. — Voulez-vous rappeler la portée entre appuis de la poutre-caisson ?

M. HAHN. — 28 m.

M. LESSINE. — Elle est formée de deux voiles ?

M. HAHN. — Deux voiles verticaux et deux semelles ; c'est un tube fermé, rectangulaire.

M. LE PRÉSIDENT. — Il ne me reste plus, si personne ne demande la parole, qu'à remercier à nouveau M. Hahn.

(Reproduction interdite.)

# DOCUMENTATION TECHNIQUE

129

RÉUNIE EN AVRIL 1958

## SERVICE DE DOCUMENTATION

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics peut en général fournir la reproduction *in extenso* des documents figurant à l'index analytique de documentation : sur microfilms négatifs de 35 mm qui peuvent être lus en utilisant soit un agrandisseur photographique courant, soit un lecteur de microfilms ou sur papiers positifs pour lecture directe.

Les demandes de documents doivent comporter le numéro d'ordre placé en tête de l'analyse, le titre du document et le nom de l'auteur.

### Prix des reproductions photographiques (port en sus) :

Microfilms — la bande de 5 images .....	250 F
Positifs sur papier — la page :	
Format 13 × 18 .....	110 F
18 × 24 .....	130 F
21 × 27 .....	170 F

Minimum de perception..... 350 F


Ces prix sont susceptibles de variation.

Pour tous renseignements, s'adresser à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,  
6, rue Paul-Valéry, Paris-XVI<sup>e</sup>.

## I. — INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION

Les références de chaque article sont données dans l'ordre suivant : Numéro d'ordre, titre de l'article, nom de l'auteur, nom de la revue, date, numéro du fascicule, nombre de pages, nombre de planches.

## B. — ARCHITECTURE ET URBANISME

 1-129. Évolution des conditions de logement en France depuis cent ans. — *Inst. nation. Statist. Et. écon.* (Minist. Finances Affaires écon.), Fr. — *Études et Conjoncture*, Fr. (oct.-nov. 1957), n°s 10-11, 1 vol., 395 p. nombr. fig. — *Presses universit. Fr.*, Fr. — Voir analyse détaillée B. 2394 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52570-A.

CDU 333.32 (44) (03).

Les analyses sont publiées dans l'ordre des rubriques de la classification du système CORDONNIER, établie pour le rangement du fichier de documentation de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics et elles comportent une indexation suivant la notation de la Classification Décimale Universelle (CDU).



## C. — SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Ca RÉSISTANCE  
DES MATÉRIAUX

2-129. Plaques chargées latéralement (distribution des moments autour d'un petit trou) (Laterally loaded plates. — Moment distribution around a small circular hole). HICKS (R.); *Engineer*, G.-B. (7 mars 1958), vol. 205, n° 5328, p. 350-355, 8 réf. bibl. — Étude théorique d'une plaque comportant un trou de rivet et soumise à des charges latérales uniformément réparties. — Détermination de la surface déformée de la plaque perforée, dont les équations permettent le calcul de la distribution des moments autour de l'orifice. — Cas de plaques triangulaires, elliptiques, circulaires, rectangulaires. — E. 52167. CDU 624.043/2 : 624.073 : 69.022.36.

3-129. Voilement d'un cylindre circulaire soumis à une compression axiale étudié par la théorie de la stabilité non linéaire (Das Beulen eines Kreiszylinders unter axialem Druck nach der nichtlinearen Stabilitätstheorie). EBEL (H.); *Stahlbau*, All. (fév. 1958), n° 2, p. 45-53, 13 fig., 8 réf. bibl. — Résultats d'essais, et résultats obtenus par application de la théorie classique de la stabilité. — La théorie de la stabilité non linéaire. Conduite du calcul dans le cas considéré. Voilement initial et voilement dans le domaine plastique. Premiers résultats obtenus par l'application de la théorie non linéaire, dont l'étude est à poursuivre. — E. 51848. CDU 624.04 : 624.074.7 : 624.075.2/4.

4-129. Recherches théoriques et expérimentales sur la torsion des poutres de grande hauteur en régime élasto-plastique (Una ricerca teorico-sperimentale sullo svergolamento delle travi alte in regime elasto-plastico). GIANGRECO (E.); *G. Gen. civ.*, Ital. (jan. 1958), n° 1, p. 55-72, 28 fig. — Étude du problème de l'instabilité de l'équilibre dans l'intervalle compris entre l'apparition des premières déformations plastiques et la ruine des poutres, caractérisant les variations de la charge critique en fonction des caractéristiques élastiques et géométriques de l'ensemble de la structure. — Les résultats des recherches expérimentales confirment les conclusions théoriques. — E. 52330. CDU 624.075.3 : 624.072.2 : 539.3/5.

5-129. Les moments principaux et leurs directions dans une dalle biaise à 40°, et dans une dalle carrée (Hauptmomente und deren Richtungen einer 40° schiefen Platte im Vergleich mit denen einer quadratischen Platte). HOMBERG (H.); *MARK; Beton-Stahlbetonbau*, All. (fév. 1958), n° 2, p. 34-39, 8 fig., 2 réf. bibl. — Résultats d'essais sur modèles d'aluminium (plaques en losange et plaques carrées) pour différents cas de chargement. — E. 51842. CDU 624.043 : 624.073 : 69.001.5.

6-129. Sur le comportement des plaques minces en leurs angles (Ueber das Verhalten dünner Platten in den Eckpunkten). RUMPEL (G.); *Bauingenieur*, All. (fév. 1958), n° 2, p. 50-54, 16 fig., 5 réf. bibl. — En vue de préciser, mieux que ne le permet la théorie des plaques minces, la valeur des moments de flexion et de torsion au voisinage des angles d'une telle plaque, on étudie les conditions d'équilibre et les déformations d'un élément triangulaire de plaque uniformément chargée et appuyée sur deux bords, dans les cas suivants : deux bords sur appuis articulés, ou un bord sur appui simple et un bord sur appui articulé; un bord encastré et un bord sur appui articulé, ou un bord encastré et un bord sur appui libre;

deux bords encastrés. — On montre que les moments de torsion ne sont à considérer que pour l'élément rectangulaire ayant deux bords sur appuis articulés, ou un bord sur appui articulé et un bord sur appui libre. — E. 51996. CDU 624.043/4 : 624.073/74/4/78.

7-129. Les efforts tranchants dans les voiles. I. II. (6in) (Schnittkräfte in Schalenträgern). RABICH (R.); *Bauplan.-Bautech.*, All. (jan. 1958), n° 1, p. 27-30, 13 fig., 3 réf. bibl.; (fév. 1958), n° 2, p. 69-73, 10 fig. — Étude de l'influence de la forme du voile d'une part, des charges auxquelles il est soumis d'autre part, sur le développement des efforts tranchants. Cas de voiles ayant certaines formes et certaines conditions aux limites. — E. 51724, 51470. CDU 624.034 : 624.074.4.

8-129. Le calcul des déformations de l'Arc des structures combinées arc-poutre (Il calcolo analitico degli spostamenti dell'arco nelle strutture combinate arco-trave). HUBER (V.); *Cemento*, Ital. (fév. 1958), n° 2, p. 3-17, 25 fig., 3 réf. bibl. — Établissement des bases de calcul des déformations d'un arc encastré sous l'effet de la charge unitaire, du poids propre et des variations de température. Présentation des expressions permettant un calcul rapide. Exemple numérique. — E. 52533. CDU 624.044 : 624.072.32/2.

9-129. Sur les contraintes provoquées par la cimentation dans un revêtement de galerie (Sulle tensioni indotte dalla cementazione nel rivestimento in galleria). SANPAOLESI (L.); *Atti Inst. Sci. Costr. Univ. Pisa*, Ital. (1957), publ. n° 55, 16 p., 10 fig., 12 réf. bibl. — Étude par mesures extensométriques du comportement d'un anneau de revêtement de galerie en béton pendant et après les injections pratiquées entre le revêtement et la roche. — Possibilité de mettre le revêtement en précontrainte au moyen de la cimentation. — E. 52183. CDU 624.043 : 69.025.28 : 624.19 : 693.546.3.

9a-129. Détermination expérimentale des réactions conjointes du revêtement en acier, du revêtement en béton et du massif rocheux, lors d'essais de quelques galeries sous pression de centrales Yougoslaves (Meritve sodelovanja tlačne cevi z betonom in hribino pri statičnih obremenitvah preizkusnih nekaterih nasih tlačnih cevi). VEDLIN (B.); *Gradbeni Vestnik*, Yougosl. (1956-57), n° 45-46, p. 67-73, 12 fig. (résumés français, anglais, allemand). — Compte rendu de mesures effectuées sur les conduites forcées I et II des centrales de Jablanica et de Moste construites entre 1951 et 1956. — Ces conduites forcées ont un diamètre intérieur de 4,5 et 5. — Il a été constaté que, dans un massif rocheux de bonne qualité le revêtement en acier ne supporte qu'une faible partie de la pression, qui est absorbée dans sa presque totalité par le revêtement en béton et par le massif rocheux. — E. 51865. CDU 624.043 : 628.4 : 621.311 : 531.7.

10-129. Connaissances nouvelles pour le calcul des vibrations des fondations de turbines (Neuere Erkenntnisse für die Schwingungsbeurteilung von Turbinenfundamenten). JÄNICH (R.); *Bauplan.-Bautech.*, All. (fév. 1958), n° 2, p. 73-76, 14 fig., 7 réf. bibl. — Exposé succinct des résultats de recherches et d'études de l'auteur. — Les vibrations de flexion. Les vibrations verticales. Les vibrations horizontales. — E. 51724. CDU 534 : 624.156 : 621.9.

11-129. Flambage d'un cylindre à paroi mince, placé dans une enveloppe rigide et soumis à une pression extérieure. Application aux blindages métalliques des puits et galeries. BOROT (H.); *Houille blanche*, Fr. (déc. 1957), n° 6, p. 881-887, 11 fig. — Accidents provoqués sur des blindages par des sous-pressions provenant d'infiltrations d'eau ou d'injections de ciment. Étude du phénomène de flambage lié à l'instabilité de la paroi, puis à la limite élastique de l'acier. Application aux blindages métalliques des puits et galeries. Vérification expérimentale du procédé de calcul de la pression de flambage. — E. 52230. CDU 624.075 : 628.11/14 : 69.025.28.

12-129. Étude des matériaux élastiques soumis à une charge axiale (Elastic materials under axial loading). PROCTER (A.N.); *J. Franklin Inst.*, U. S. A. (fév. 1958), vol. 265, n° 2, p. 125-143, 12 fig., 23 réf. bibl. — Étude théorique sur le comportement des matériaux élastiques en compression et en traction. Transmission du son à travers les matériaux élastiques. — E. 52222. CDU 539.3 : 624.042/3 : 534.6.

13-129. Pressions de rupture et coefficients de sécurité pour les récipients à parois minces (Bursting pressures and safety factors for thin-walled vessels). WEIL (N.A.); *J. Franklin Inst.*, U. S. A. (fév. 1958), vol. 265, n° 2, p. 97-116, 12 fig., 13 réf. bibl. — Étude théorique des conditions d'instabilité et de rupture par éclatement de récipients soumis à des pressions augmentant lentement. Résultats expérimentaux. Exemple numérique. — E. 52222. CDU 539.4 : 621.642 : 624.043.

## Cac n Procédés de calcul.

14-129. Discussion et contrôle du calcul à la flexion des calottes sphériques. (Discussion e controllo di un calcolo flessionale di cupole sferiche). LEVI (F.), GOFFI (L.); *G. Gen. civ.*, Ital. (jan. 1958), n° 1, p. 10-19, 11 fig., 6 réf. bibl. — Étude d'une méthode de calcul permettant d'étudier les perturbations de flexion aux bords d'une calotte sphérique reposant sur des appuis isolés; comparaison des résultats théoriques aux données expérimentales obtenues par essai sur modèle. — E. 52330. CDU 624.04 : 624.074.4/7 : 69.001.5.

15-129. Calcul à la rupture d'éléments en béton armé à section rectangulaire soumis à une flexion déviée (Ultimate strength design of rectangular concrete members subject to unsymmetrical bending). TUNG AU; *J. A. C. I.*, U. S. A. (fév. 1958), vol. 29, n° 8, p. 657-674, 6 fig., 3 réf. bibl. — Hypothèses admises pour établir ce procédé de calcul. Examen de trois cas à considérer pour la position de l'axe neutre, et équations d'équilibre correspondantes. Abaques. Exemple numérique. — E. 52136. CDU 624.04 : 539.5 : 624.072.2 : 624.012.45.

15a-129. Le calcul des rideaux de palplanches (Szafalak meretése). VARGA (L.); *Építőipari Közlekedési Műszaki Egyetem tudományos Közleményei*, Hongrie (1956), vol. 2, n° 5, p. 35-88, 46 fig., 53 réf. bibl. (résumés russe, allemand, anglais, français, espagnol). — Insuffisance des méthodes employées jusqu'à ce jour. — Examen des connaissances actuelles sur la détermination de la poussée des sols sur des rideaux de palplanches. — Présentation et



critique des méthodes de calcul de Rowe et de Blum. — E. 50478. CDU 624.04 : 624.155/137.

158-129. Emploi d'abaques pour le calcul des palplanches à double ancrage (Nomographische Berechnung doppelt verankerter Bohlwerke). HOFFMANN (H.); *Bautechnik*, All. (fév. 1958), n° 2, p. 59-63, 9 fig., 2 réf. bibl. — E. 51847.

CDU 624.04 : 624.155/137 : 624.078.5 : 518.

16-129. Calcul simplifié des rideaux de palplanches à simple ancrage (Vereinfachung für die Berechnung einfach verankerter Spundwände). JENNE (G.); *Bautechnik*, All. (mars 1958), n° 3, p. 93-96, 10 fig. — Présentation d'une méthode inspirée de celle de Blum. — E. 52296. CDU 624.04 : 624.155/137.

17-129. Calcul du radier de l'écluse double de Cannstatt, traité comme une poutre sur appui élastique (Die Berechnung der Sohlenplatte der Doppelschleuse Cannstatt als Balken auf elastischer Bettung). WELT (O.), PAGEL (K. F.); *Bautechnik*, All. (mars 1958), n° 3, p. 81-92, 26 fig., 11 réf. bibl. — Cette écluse a une longueur utile de 110 m. Les murs de l'écluse reposent sur un radier armé continu de 1,4 m d'épaisseur. — Étude du sol; exécution et interprétation d'un essai de chargement. Calcul et ferrailage du radier considéré comme une poutre sur appui élastique. Observation des tassements de l'ouvrage terminé, et comparaison avec les tassements escomptés. — E. 52296. CDU 624.153/7 : 626.4 : 624.04/131.

18-129. Calcul statique des conduites incorporées dans la masse des grands barrages (Calcul static al conductelor inglobate in masa barajelor). FILORTI (A.); *Hidrotehnica*, Roum. (jan. 1958), n° 1, p. 15-17, 3 fig., 3 réf. bibl. — Présentation d'une méthode de calcul des déformations et des contraintes des canalisations enrobées dans les barrages en béton, compte tenu de la formation de vides derrière la tôle par suite des dilatations et retractions thermiques. — Comparaison des résultats calculés avec ceux mesurés dans les conduites du barrage de l'Aigle. — E. 52391.

CDU 624.043 : 621.643.2 : 627.8 : 693.5

19-129. Calcul rapide d'ossatures métalliques et assemblages rigides pour bâtiments à plusieurs étages. Améliorations systématiques apportées au calcul des poteaux. (Rapid design of multi-story rigid-jointed steel frames; systematic improvements in stanchion design). WOOD R. H.), LAWTON (W. T.), GOODWIN (E.); *R. R. S. (Dept. Sci. Indust. Res., G.-B. (juil. 1957), note n° A58, 27 p., 4 fig., 16 fig. h.-t., 1 pl. h.-t., 14 réf. bibl. — Présentation d'une nouvelle méthode de calcul rapide et économique mise au point par la Building Research Station de Grande-Bretagne. — Cette méthode est basée sur une étude presque exacte du problème de l'instabilité et présente des schémas pour le calcul des poutres et des baques pour le calcul des poteaux. Elle tient compte d'une redistribution partielle des moments dans le cas de déformations plastiques, des variations de charge sur les planchers et d'une interaction de l'ossature et des dalles de planchers. La méthode pourrait être appliquée au calcul des assemblages oulonnés, mais, dans sa forme présente, le est destinée principalement aux joints soudés. — E. 51768.*

CDU 624.04 : 693.97 : 624.014.25.

20-129. Dimensionnement des poutres composées en bois (O dimenzionisanju nosaca stema drvene slozene grede). BELOPAVLIC (I.); *Nase Gradenarstvo*, Yougosl. (fév. 1958), t. 12, n° 2, p. 25-34, 16 fig. (résumé anglais). — Présentation d'une nouvelle méthode de calcul, suivie de deux exemples numériques. — E. 51795. CDU 624.04 : 624.072.2 : 694.2.

21-129. Grils de poutres. (Reticoli di travi). IZZATI (P.); *G. Gen. civ.*, Ital. (jan. 1958),

n° 1, p. 32-47, 26 fig., 16 réf. bibl. — Étude de ces systèmes réticulés par la méthode des déformations, tenant compte de la rigidité à la torsion. Équation générale et conditions de liaison. Mode de résolution, exemples. Étude de la poutre continue sur appuis élastiques, effectuée en analogie avec le problème précédent. Application de ces méthodes à l'étude de l'ossature de la salle des machines de la centrale thermique de la S.A.D.E. à Ravenne (Italie). — E. 52330.

CDU 624.04 : 624.072/8 : 624.072.33.

22-129. La méthode 8 de calcul des poutres continues (Das 8 Verfahren zur Berechnung durchlaufender Träger). LAUE (K.); *Bautechnik*, All. (mars 1958), n° 3, p. 100-102, 14 fig. — Étude de cette méthode mise au point par l'auteur en 1949. Elle constitue une application rationnelle de la méthode des points fixes. — E. 52296.

CDU 624.04 : 624.072.2 : 624.075.

23-129. Abaques pour le calcul des dalles et des poutres de béton armé (Kurveblade til beregning af jernbetonplader og -bjælker). JØRGENSEN (H.S.); *Ingeniøren*, Danm. (15 fév. 1958), n° 4, p. 147-157, 11 fig. (résumé anglais). — Présentation de la méthode « S » et comparaison avec les méthodes classiques. Série de huit tableaux d'abaques établis pour différentes valeurs des contraintes admissibles des matériaux et différents cas de portée, chargement, mise en place des armatures. Précision comparable à celle des méthodes classiques. — E. 51814.

CDU 624.04 : 624.072/3 : 624.012.45.518.

24-129. Influence du fluage dans la poutre mixte à paroi pleine, calculée par la formule

$$n(\varphi) = \frac{E_e}{1 + b\varphi} \quad (\text{Einfluss des Kriechens beim Stahl-Vollwand-Verbundträger, erfasst durch } n(\varphi) = \frac{E_e}{E_{b\varphi}}).$$

BLASZKOWIAK (St.); *Bautechnik*, All. (mars 1958), n° 3, p. 96-100, 8 fig. — Étude de l'influence du fluage du béton d'une poutre mixte dans l'hypothèse où la dalle de béton a été mise en précontrainte, et où l'armature de précontrainte a le même module d'élasticité que la poutre métallique. — E. 52296. CDU 624.04/43 : 624.072.2 : 624.016 : 666.972.015.

25-129. Le portique étagé à nœuds déplaçables sous charge dynamique (harmonique) (Der Stockwerkrahmen mit verschiebblichen Knoten und dynamischer — harmonischer Belastung). POZ (K.); *Bautechnik*, All. (fév. 1958), n° 2, p. 50-58, 14 fig. — Rappel des notions théoriques fondamentales, et établissement des équations d'équilibre des portiques à nœuds déplaçables; exemples numériques traités avec explications. — E. 51847.

CDU 624.04 : 624.072.33 : 624.078 : 699.842.

26-129. Extension de la méthode de Kani au calcul des ensembles de portiques avec traverses interrompues (Una estensione del metodo di Kani al calcolo di telai con traversi interrotti). FREDA (D.), GRECO (C.); *G. Gen. civ.*, Ital. (jan. 1958), n° 1, p. 73-77, 6 fig., 4 réf. bibl. — Rappel de la méthode de Kani; application de cette méthode au calcul des portiques multiples à étages, à nœuds déplaçables, avec utilisation de liaisons fictives internes. — Exemple numérique. — E. 52330.

CDU 624.04 : 624.072.33.

27-129. Calcul d'une dalle au moyen de la théorie des lignes de rupture. (Designing a slab using the fracture line theory). SMYTH (W. J. R.); *Civ. Engng*, G.-B. (fév. 1958), vol. 53, n° 620, p. 163-167, 19 fig., 4 réf. bibl. — Caractéristiques du plancher-champignon d'un bâtiment servant d'entrepôt pour une fabrique de papier. La dalle a été calculée selon la théorie des lignes de rupture suggérée à l'origine par Ingerslev vers 1920 et mise au point par Johansen. — E. 51883. CDU 69.025.22 : 725.35 : 624.012.45.

28-129. Sur les conditions aux appuis des escaliers hélicoïdaux sans support intermédiaire (Zur Abstützung freitragender Wendeltreppen). WALKER (H.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (mars 1958), n° 3, p. 64-68, 14 fig., 4 réf. bibl. — Méthode de détermination des efforts tranchants et des réactions d'appuis. Exemple numérique. — E. 52297.

CDU 624.078 : 69.026.254.

29-129. Étude critique des principales méthodes de calcul des barrages-voûtes (Análise geral critica dos metodos de calculo mais importantes das barragens-abobada). LAGINHA SERAFIM (J.); *Electricidade*, Portug. (jan.-mars 1958), n° 5, p. 35-54, 10 fig., 176 réf. bibl. — Méthode des arcs indépendants. Méthodes basées sur la théorie des voiles minces. Méthodes basées sur la division du barrage en deux systèmes d'éléments croisés. — E. 52357.

CDU 624.04 : 627.8 : 624.072.32.

29a-129. Flambement des barres soumises à une compression avec flexion (Zavaronyadatekkel terhelte nyomott rud kihajlása). HUNYADI (F.); *Építőipari Közlekedési és Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei*, Hongrie (1956), vol. 2, n° 5, p. 3-19, 10 fig., 1 fig. h.-t. (résumés, russe, allemand, français, anglais, espagnol). — Procédé de calcul de barres soumises à une compression excentrée et à un moment de flexion dans un plan différent de celui de flambement. — E. 50478.

CDU 624.04 : 624.075.2 : 624.072.3.

29b-129. Méthode de calcul de la distribution des pressions hydrostatiques dans la section centrale des barrages-voûtes (O metoda de determinare a distributiei presiunii hidrostatice in sectiunea maestra a barajelor arcuite). PRISCU (R.), CONSTANTINESCU (M.); *Stud. Cerc. Mecan. apl.*, Roum. (1957), n° 3, p. 887-896, 5 fig., 6 réf. bibl. (résumés russe, français). — Présentation d'une méthode de détermination des pressions et de calcul des barrages, suivant laquelle on ne tient compte que de la flexion, en négligeant les effets des efforts tranchants. — Exemple numérique. — E. 51953.

CDU 624.042/3 : 627.8- : 624.072.32.

29c-129. Calcul matriciel des poutres (Matrix analysis of beams). CLOUGH (R. W.); *J. Engng Mech. Div.*, U. S. A. C. E. (jan. 1958), vol. 84, n° EM 1 : *Proc. A. S. C. E.*, Pap. 1494, 24, p. 7 fig., 11 réf. bibl. — Application du calcul matriciel à l'étude des poutres continues. Le procédé peut-être appliqué aux poutres à section constante ou variable, et permet de tenir compte des déformations dues aux efforts de cisaillement. Quatre exemples numériques. — E. 51771.

CDU 624.04 : 624.072.2 : 624.075 : 518.

29d-129. Détermination du noyau central d'un quadrilatère (Die Ermittlung des Kerns einer beliebigen Vierecksfläche). BARTA (J.); *Acta Tech.*, Hongr. (1957), t. 18, n° 3-4, p. 393-398, 7 fig., 2 réf. bibl. — Présentation d'une méthode applicable à un quadrilatère quelconque et n'utilisant ni les moments d'inertie, ni l'antipolarité. — E. 52646. Trad. I.T. n° 498, 5 p.

CDU 51 : 744 : 624.04.

## Caf Essais et mesures.

30-129. Le contrôle le plus approprié des constructions, et son influence sur le prix de revient de celles-ci (Ueber die zweckmässigste Art der Güteprüfung und ihren Einfluss auf die Baukosten). RÜSCH (H.); *Beton Stahlbetonbau*, All. (mars 1958), n° 3, p. 56-60, 9 fig., 6 réf. bibl. — Présentation de propositions relatives à l'exécution du contrôle des constructions en béton et en béton armé, prélèvements d'échantillons, essais, interprétation des résultats d'essais. — Le coefficient de variation des résultats pris comme mesure de la qualité d'un travail. — E. 52297.

CDU 620.1 : 624.012.45 : 69.002.3.



31-129. Le béton. Appréciation de la qualité et contrôle au moyen du scléromètre Schmidt (Concreto : Julgamento e inspeção pelo esclerometro de Schmidt). AZEVEDO CALDAS; BRANCO (A. de); Brésil, (nov. 1956), 1 vol., livre n° 13. Série Divulgação, 100 p., 24 fig., 1 pl. h.-t. — Voir analyse détaillée B. 2417 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52554. CDU 620.1.05 : 666.972.

32-129. Relations entre les résultats de mesure de la résistance à la compression du béton d'une série de poteaux, obtenus par essais de compression effectifs, et par essais ultrasoniques (Compressive strength and ultrasonic pulse velocity relationships for concrete in columns). KAPLAN (M. F.); J. A. C. I., U. S. A. (fév. 1958), vol. 29, n° 8, p. 675-688, 17 fig., 2 réf. bibl. — Exposé de recherches faites pour déterminer dans quelle mesure les essais de résistance à la compression sur cubes en laboratoire d'une part, et les essais ultrasoniques d'autre part, renseignent sur la résistance effective du béton en œuvre, telle qu'elle résulte d'essais des éléments d'ouvrages eux-mêmes. — Résultat d'un programme d'essais portant sur douze poteaux en béton armé. — Discussion. — E. 52136. CDU 620.17 : 666.972 : 624.071.3.

33-129. Calcul à la rupture de poutres continues avec couvre-joints (Plastic design of cover plated continuous beams). POPOV (E. P.), WILLIS (J. A.); J. Engng Mech. Div., U. S. A. (jan. 1957), vol. 84, n° EM 1 : Proc. A. S. C. E., Pap. 1495, 21 p., 14 fig., 14 réf. bibl. — Étude expérimentale du comportement dans le domaine plastique de plusieurs systèmes de poutres continues soudées avec ou sans couvre-joint, à deux ou trois travées, soumis à des charges concentrées. — E. 51771. CDU 620.16.17 : 624.072.2 : 624.075.8 : 672.

## Ce MÉCANIQUE DES FLUIDES. HYDRAULIQUE.

34-129. Pertes de charge continues des courants permanents des grands canaux revêtus. Mesures effectuées sur les canaux du cours moyen de l'Adige (Perdite di carico continue di correnti permanenti entro grandi canali rivestiti. Elaborazione di misure sui canali del medio Adige). FASSO (C.); Atti Rass. tec., Ital. (fév. 1958), n° 2, p. 47-63, 17 fig., 12 réf. bibl. — Problème de l'étude expérimentale des pertes de charge continues en mouvement permanent; détermination des pertes de charge à partir des relevés hydrométriques; applicabilité des formules du mouvement uniforme. — 52482. CDU 532.5 : 626.1 : 69.025.3.

35-129. Recherches expérimentales pour la détermination du coefficient de rugosité des parois du canal de dérivation de l'installation hydroélectrique municipale de Turin à Moncalieri (Alcune prove sperimentali per la determinazione del coefficiente di scabrezza sul canale dell'impianto idroelettrico di Moncalieri dell'azienda elettrica municipale di Torino). REBAUDI (A.); Atti. Rass. tec., Ital. (fév. 1958), n° 2, p. 39-46, 17 fig., 3 fig. h.-t. — Ce canal a une longueur de 4 755 m et sa section est de forme trapézoïdale avec une largeur de 5,6 m à la base et de 20 m à la partie supérieure. — Revêtement en béton. Organisation des essais et équipement utilisé. — E. 52482. CDU 532.5 : 626.3 : 69.025.331.5 : 620.191.

36-129. Endiguement de la rivière Beas au droit du pont ferroviaire de l'embranchement Mirthal Mukerian-Pathankot. (Inde) UPPAL (H. L.), SINGH (G.), SHAHANI (G. P.); Houille blanche, Fr. (déc. 1957), n° 6, p. 857-872, 20 fig. — Exposé des recherches préliminaires effectuées à l'aide d'un modèle à grande échelle de la rivière, du pont projeté et des ouvrages

de réglage. Réalisation du projet, comportement des ouvrages. — E. 52230. CDU 627.51 : 627.1 : 532.5.

37-129. Utilisation du facteur de vitesse d'approche dans les équations relatives aux déversoirs unifiés (Velocity-of-approach factors in unified weir equations). ENGEL (F. V. A.), STAINSBY (W.); Proc. Instn. civ. Engrs., G.-B. (fév. 1958), vol. 9, p. 165-179, 6 fig., 18 réf. bibl. — Intérêt de l'emploi du facteur de vitesse d'approche qui facilite le calcul du débit au déversoir, connaissant la hauteur de chute. L'étude est limitée aux canaux rectangulaires et aux déversoirs à débit libre. — E. 51682. CDU 532 : 626.1/4 : 621.646.

38-129. Sur le calcul des ondes de translation dans les canaux prismatiques (Sopra il calcolo delle onde di traslazione nei canali prismatici). GUERRINI (P.), Energ. elettr., Ital. (fév. 1958), vol. 35, n° 2, p. 125-131, 9 fig., 7 réf. bibl. — Simplifications et adjonctions à la méthode graphique proposée par A. CRAYA pour le calcul des régimes variables dans les canaux. Présentation d'une table numérique pour le calcul rapide des sections polygonales. — E. 52616. CDU 532 : 626.1/3.

## Ci GÉOPHYSIQUE

### Cib m Étude des sols.

39-129. Les variations d'humidité des sols et leurs effets sur les caractéristiques mécaniques des sols compactés (Soil moisture conditions and their effects on the engineering properties of compacted soils). MURAYAMA (S.); UESHITA (K.); Mem. Fac. Engng Kyoto Univers., Jap. (oct. 1957), vol. 19, n° 4, p. 325-350, 25 fig., 13 réf. bibl. — La résistance d'un sol compacté, immédiatement après le compactage, et à longue échéance, dépend essentiellement de sa teneur en eau et de sa densité sèche. — Étude : a) des échelles qualitatives d'humidité permettant d'estimer les teneurs en eau futures; b) de l'influence de la teneur en eau et de la densité sèche sur la résistance du sol compacté; c) de la teneur en eau et de la densité sèche future du sol compacté. — E. 52563. CDU 624.131.4/5 : 624.138.

40-129. Essais de chargement de pieux. Exécution des essais et interprétation des résultats (Probekbelastung von Pfählen. Ein Beitrag zur Durchführung und Auswertung). JUNG (E.); Baumasch.-Bautech., All. (fév. 1958), n° 2, p. 55-59, 11 fig. — Description des équipements utilisés pour l'essai de chargement (pompes, presses hydrauliques, dispositifs de lestage). — Étude des appareils de mesure. Interprétation des résultats d'essais. — E. 51910. CDU 624.131.38 : 621.8/9.

41-129. Problèmes de stabilité des fondations de barrages construits sur le flysch (grès) (Zagadnienie stateczności i wytrzymałości podłoża zapor wodnych budowanych na flyszu). BOBINSKI (E.); Archiw. Hydrotech., Pol. (1957), t. 4, n° 4, p. 397-431, 24 fig., 14 réf. bibl. (résumés russe, anglais). — Pour l'étude des problèmes relatifs aux déformations et à la stabilité des fondations de barrages-poids construits sur le flysch, il est recommandé d'appliquer la théorie de l'élasticité des corps anisotropes. Les caractéristiques de distribution des contraintes dépendent de la valeur du coefficient d'anisotropie K qui peut être déterminé au moyen des formules et des diagrammes donnés dans le présent article. L'auteur suggère d'appliquer la méthode de l'analogie électrique au calcul de la répartition des contraintes dans les demis-plans anisotropes considérés. — E. 51800. CDU 624.131.5 : 624.15 : 627.8 : 691.217.

42-129. Contribution au calcul de la distribution des contraintes dans le sol (Beitrag zur Berechnung der Spannungsverteilung im Boden). KEZDI (A.); Bauingenieur, All. (fév. 1958), n° 2, p. 54-58, 16 fig., 9 réf. bibl. — Influence de la profondeur de fondation, de la structure du sol, des efforts de cisaillement dans la semelle de fondation. — E. 51996. CDU 624.131.5 : 624.15 : 624.043.

43-129. Quelques considérations sur les glissements de terrain lors de la construction de routes (Einiges über Rutschungen bei Strassenbauten). KEZDI (A.); Strassen-Tiefbau, All. (mars 1958), n° 3, p. 134, 136, 138, 140, 10 fig. — Étude de la stabilité des talus; nouvelle méthode de calcul des talus routiers. — E. 52400. CDU 624.131.5 : 624.134 : 625.7.

## Cic Surface du globe. Hydrographie. Érosion.

44-129. Annuaire hydrologique de la France, Année 1956. — Sté. hydrotech. Fr., Fr., 1 vol., 252 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2395 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52504. CDU 55 : 626.627. (058.2) (44).

## Co CONDITIONS ET ÉTUDES GÉNÉRALES. SITUATION GÉOGRAPHIQUE. CONGRÈS

### Cod j Règlements. Législation.

45-129. Dispositions techniques réglementaires relatives à la construction (Technische Baubestimmungen). GOTTSCH-HASENJÄGER; Edit.: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, All. (fév. 1958), 4<sup>e</sup> édit., 1 vol., 220 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2410 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52208-A. CDU 624.01 : 35 (43) (03).

### Cod l Normalisation.


46-129. Supplément 1957 au Recueil des normes A. S. T. M., y compris les projets de normes. I — Métaux ferreux (1957 Supplement to Book of ASTM Standards, including tentatives. I — Ferrous metals). — Edit.: A. S. T. M., U. S. A. (1957), 1 vol., xvi + 507 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2399 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52404-A. CDU 389.6 : 691.71 : 672 : 620 1 (73) (03).

47-129. Supplément 1957 au Recueil des normes ASTM, y compris les projets de normes. IV — Peintures; vernis; cellulose; encaustique; bois; et produits pour la protection des bois; panneaux sandwich; méthodes générales d'essais; thermomètres. — (1957 Supplement to Book of ASTM Standards, including tentatives. IV — Paint, naval stores, cellulose, wax polishes, wood, acoustical materials, sandwich and building constructions, fire tests). — A. S. T. M., U. S. A. (1958), 1 vol., xii + 211 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2400 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52405-A. CDU 389.6 : 667.6 : 691.1 : 620.1. (73).

## Cof m Annales. Dictionnaires. Catalogues. Bibliographie.

48-129. Dictionnaires techniques illustrés en six langues (français, anglais, allemand, espagnol, italien, néerlandais). Chapitre I — La mer. — Chapitre XII — Signalisation maritime. — A. I. P. C. N., Belg., 2 vol. Chap. I (1957), 272 p., 13 fig. — Chap. XII (1937), 132 p., 13 pl. h.-t. — Voir analyse B. 2398 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52204-A. 52205-A. CDU 03 : 627.2 : 351.79/81. (100).

## D. — LES ARTS DE LA CONSTRUCTION

 49-129. Aide-mémoire Dunod. Bâtiment. — T. I. — MONDIN (Ch.); Éd.: Dunod, Fr. (1958), 68<sup>e</sup> édit., 1 vol., xviii + 282 + lxiv p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2392 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 51905. CDU 69.721 (03).

## Dab MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

### Dab j Matériaux métalliques.

50-129 Emploi de la peinture pour la protection de l'acier contre la corrosion atmosphérique (Protection of steel by painting against atmospheric corrosion). HUDSON (J. C.); Schweiz. Archiv, Suisse (fév. 1958), n° 2, p. 46-56, 17 fig., 19 réf. bibl. — Étude des techniques de peinture des ouvrages métalliques, à la lumière des recherches expérimentales de la British Iron and Steel Research Association. — E. 52091. CDU 620.197 : 691.714 : 667.637.2.

### Dab l Matériaux rocheux.

51-129. Méthode de classification des pierres calcaires. — MAMILLAN (M.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (mai 1958), n° 125, p. 469-526, 72 fig. — Le but de cette étude est de présenter une nouvelle méthode de classification des pierres calcaires, basée sur la détermination des trois essais non destructifs. Les trois critères déterminés par ces essais ont été retenus comme représentatifs des qualités de base exigées par l'utilisateur pour l'emploi du matériau, ce sont : la vitesse de propagation du son, l'élasticité des qualités élastiques; la densité apparente, liée à la porosité et à la compacité; la largeur de la rayure, en relation avec la dureté superficielle. — Une formule a été établie donnant le numéro de classement, obtenue à partir de la moyenne des trois critères de qualité. L'intérêt majeur des trois essais retenus est surtout mis en relief par la très faible dispersion des mesures; par ailleurs ces essais n'étant pas destructifs, il est possible de multiplier les mesures; de ce fait, ces valeurs moyennes obtenues sont plus précises. — Une étude statistique a été établie, qui permet à partir du numéro de classement, de déduire la résistance probable de rupture en compression. La méthode de classification proposée présente un double avantage : classification plus facile à établir et contrôler, possibilité d'évaluation en carrière de la résistance des blocs, soit en cours de pose sur chantier, ou même après achèvement. — E. 52940. CDU 691.215.1 : 025.4 : 620.1.


### Dab lam Asphaltes et bitumes.

52-129 Mastics d'asphalte naturels et artificiels (Mastici d'asfalto naturali e sintetici). L'ESORIERI (C.); Ingegnere, Ital. (fév. 1958), n° 2, p. 111-119, 8 fig., 14 réf. bibl. — Les expériences faites au sujet du comportement de ces mastics d'asphalte ont mis en relief l'influence des caractéristiques du bitume et de la granulométrie des matériaux inertes. On a constaté que les mastics d'asphalte naturels ont la plus grande plasticité et résistent le mieux aux sollicitations thermiques. Propositions sur les caractéristiques à exiger des mastics d'asphalte, selon qu'ils sont utilisés pour les revêtements routiers ou les travaux d'étanchéité. — E. 52192. CDU 691.16 : 625.75 : 699.82.

### Dab le Liants. Chaux. Plâtre. Ciments.

53-129. Sur l'hydratation des aluminates de calcium faiblement basiques en présence de pouzzolane (Sull'idratazione degli aluminati di calcio meno basici in presenza di pozzolana). GORIA (C.), CUSSINO (L.); Cemento, Ital. (nov. 1957), n° 11, p. 17-21, 7 fig., 9 réf. bibl. — Exposé des recherches effectuées au moyen de l'analyse chimique, de l'analyse thermique différentielle et de mesures calorimétriques pour déterminer l'effet de l'addition de pouzzolane sur les caractéristiques de résistance d'un ciment alumineux. — E. 52379. — Trad. I. T. n° 501, 8 p. CDU 691.54.


### Dab lel r Sous-produits industriels.

 54-129. Les laitiers de haut-fourneau dans la construction. Analyse et essais (Las escorias siderurgicas en la construccion. Analisis y ensayos). GARCIA de PAREDES GAI-BROIS (P.); Inst. Tech. Constr. Cemento., Esp. (s.d.), 1 vol., 57 p., 11 fig., 33 réf. bibl. — Manueles y Normas Inst. Tec. Constr. Cemento. — Voir analyse détaillée B. 2414 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52264. CDU 691.322 : 620.1 : 389.6 (03).

### Dab mo Matières plastiques.


55-129. Les matières plastiques dans le bâtiment. — Tech. Archit. Fr. (jan. 1958), 17<sup>e</sup> sér., p. 65-125, nombr. fig. — Série d'articles sur les qualités requises et les caractéristiques des diverses catégories de matières plastiques, l'avenir des matières plastiques dans la construction, le rôle des matières plastiques dans l'industrialisation. — Exemples de réalisations : coques, murs translucides, plaques, panneaux autoportants, couvertures, étanchéités, revêtements de murs et de sols, peintures et vernis aux résines synthétiques, canalisations, tubes plastiques pour chauffage par rayonnement. — E. 51895. CDU 624.011 : 691.175.

### Dab n Matériaux à caractéristiques particulières. Isolants. Réfractaires.

 56-129. Le chlorure de calcium dans la construction (El cloruro de calcio en la construccion). CALLEJA (J.); Inst. Tech. Constr. Cemento., Esp. (s.d.), 1 vol., 102 p., 53 fig., réf. bibl. — Manueles y Normas Inst. Constr. Cemento. — Voir analyse détaillée B. 2415 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52263. CDU 661 : 666.971.32 : 389.6 (03).

### Dac PEINTURES. PIGMENTS. VERNIS. PRODUITS ANNEXES.

57-129. L'humidité et les peintures. — TARBOURIECH (A.); Trav. Peint., Fr. (mars 1958), vol. 13, n° 3, p. 81-85. — Étude du rôle destructeur de l'eau : actions mécaniques, chimiques, biologiques. Cas des peintures sur métal, des peintures sur bois et dérivés, des peintures sur plâtre et dérivés. — E. 52369. CDU 620.19 : 667.6 : 697.137.

 58-129. Nuances « standards » de pigments SP-57 pour peintures grasse-bâtiment. — Fédér. nation. Fabric. Peint., Vernis,

Encres Imprimerie, Fr. — U. N. P. V. F., Fr. — Chambre syndic. Fabric. Pigments Fr. — (1957), 1 vol., 25 p. de cartes de nuances. — Voir analyse détaillée B. 2397 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 54354. CDU 535.6 : 667.62 (01).

## Dad PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MATÉRIAUX

59-129. Derniers résultats dans l'étude de la résistance au gel des produits de terre cuite. ALVISET (L.), LIGER (C.); Terre cuite, Fr. (oct.-nov.-déc. 1957), n° 43, p. 31-53, 34 fig. — Histoire des travaux effectués et résultats obtenus. Étude de la structure du produit et de la répartition des capillaires. — Discussion. — E. 52300. CDU 620.193 : 324 : 691.42.

## Daf SÉCURITÉ DES CONSTRUCTIONS


### Daf j Essais et mesures.

60-129. Méthode provisoire pour la détermination du seuil de destruction des matériaux bitumineux soumis aux essais de tenue aux intempéries, accélérés et en plein air (Tentative method of test for determination of failure endpoint in both accelerated and outdoor weathering of bituminous materials). A. S. T. M., U. S. A. (24 juil. 1956), Designation A. S. T. M. D. 529, 12 p., 6 fig. — Document établi par le « Socony-Vacuum Laboratories Technical Service Department » (L. A. H. BAUM et A. E. TRAVER), conformément à la méthode provisoire recommandée par l'A. S. T. M. et soumis à la Commission D. 8 de l'A. S. T. M., lors de son assemblée annuelle de juin 1956. — Présentation d'un procédé permettant de déterminer les conditions de fissuration d'un échantillon de produit bitumineux, en le soumettant à des décharges électriques, après l'avoir disposé sur un support conducteur. L'équipement comprend un appareil générateur d'étincelles, un appareil de mesure de l'intensité de l'étincelle et un équipement photographique. Calibrage de l'appareil générateur d'étincelles, détection des fissures dans le film exposé. — E. 52203. — Trad. I. T. n° 497, 12 p. CDU 620.16 : 691.16 : 537.

### Daf l Corrosion.

61-129 La lutte contre les efflorescences des matériaux de terre cuite. AMREIN (E.); Terre cuite, Fr. (oct.-nov.-déc. 1957), n° 43, p. 21-29. — Caractéristiques des sels susceptibles de provoquer des efflorescences. Causes et effets des efflorescences. Moyens de lutte contre les efflorescences. — E. 52300. CDU 620.197 : 691.42.

### Daf m Stabilité des constructions.

 62-129. Théorie de la stabilité des constructions et commentaires de la norme allemande DIN 4114. — I. — (Stabilitätstheorie, mit Erläuterungen zu DIN 4114). BÜRGERMEISTER (G.), STEUP (H.); Éd.: Akademie-Verlag GmbH, All. (1957), 1 vol., xii + 407 p., 316 fig. — Voir analyse détaillée B. 2412 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52289. CDU 624.044/3 : 624.075.3/2 (03).



## Deb INFRASTRUCTURE ET MAÇONNERIE

### Deb ja Consolidation du sol. Assèchement. Drainage. Travaux hydrologiques.

63-129. Contribution à l'étude de la stabilisation des sols à l'aide de liants bitumineux. I. II. (fin). LHORTY (M.), SECOND (P.); *Rev. gén. Routes Aérodr.*, Fr. (fév. 1958), n° 313, p. 83-86, 89-92, 5 fig.; (mars 1958), n° 314, p. 125-132, 135-136, 12 fig., 6 réf. bibl. — Compte rendu de recherches effectuées par le laboratoire Shell Berre de Nanterre. Obtention d'un liant capable de réaliser la stabilisation d'une gamme étendue de sols. — Exposé de la méthode mise au point pour l'étude des sols stabilisés. Résultats des essais de capillarité. — E. 51880, 52336. CDU 624.138 : 691.16 : 620.1.

64-129. Stabilisation du sol de fondation par injection de produits chimiques (Jednoroztworowe zeskalanie gruntu piaszczystego szkłem wodnym i chlorkiem wapnia). CEBERTOWICZ (R.), MOLISZ (R.); *Rozprawy hydrotechniczne*, Pol. (1957), n° 3, p. 3-54, 42 fig., 15 réf. bibl. (résumés russe, anglais). — Exposé de recherches effectuées à l'Institut de Recherches d'Hydraulique de Gdansk (Pologne) avec diverses solutions et combinaisons de produits chimiques pour la stabilisation par injection des sols de fondation. — E. 51801.

CDU 624.138 : 661 : 624.131.3.

65-129. Constatations faites lors de la consolidation par le procédé électrocinétique du sol de fondation de la sucrerie de Chiamussy (République populaire de Chine) (Z doswiadczen elektrokinetycznego zeskalania gruntu pod fundamentami cukrowni w Chiamussach -ChRL). SIEGENFELD (J.); *Rozprawy hydrotechniczne*, Pol. (1957), n° 3, p. 85-106, 21 fig. (résumés russe, anglais). — Description des travaux de consolidation du sol réalisés par la méthode de R. CEBERTOWICZ. Ils ont permis de mettre fin à des affaissements constatés alors que la charge sur le sol de fondation n'atteignait encore que 45 % de la charge prévue. — E. 51801.

CDU 624.138 : 661 : 624.159.4.

66-129. Maintien à sec d'une fouille pratiquée dans une nappe aquifère artésienne lors de la construction d'un déversoir (Artesian aquifer is held down in spillway cut). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (27 fév. 1958), vol. 160, n° 9, p. 42-44, 7 fig. — Description des travaux de construction du déversoir en béton du barrage de Ft. Gaines sur la rivière Chattahoochee (U. S. A.). — Un système de puits d'assèchement par pompage disposés autour de la fouille pratiquée pour la construction du déversoir maintient celle-ci à sec. — E. 52178. CDU 624.157 : 627.8/1 : 621.65.

### Deb je Terrassements. Percements.

67-129. Détermination graphique des dimensions des remblais de stabilisation (Teiden vastapenkereiden graafinen mitoitus). KAUTTU (M.); *Rakennus Insri*, Finl. (mars 1958), n° 3, p. 29-36, 13 fig., 9 réf. bibl. — Intérêt de ce type de remblai faisant partie des procédés de consolidation à envisager lorsque le tracé d'une route traverse une zone où la résistance au cisaillement du sol de fondation est trop faible. Procédé graphique de dimensionnement. Diagrammes correspondant plus particulièrement au cas des sols cohérents. — E. 52566.

CDU 624.138 : 625.73/2.

### Deb ji Fondations.

68-129. Le champ de température sous la dalle d'une patinoire artificielle. EMBLIK (E.); *Sulzer, rev. tech.*, Suisse (1957), n° 3, p. 27-32, 8 fig. — Risque de détérioration des patinoires par

suite de la congélation du terrain portant. Importance de la connaissance de la répartition des températures sous la dalle. Procédé de détermination de la profondeur de pénétration du gel. Mesures de protection du sol. — E. 52364. CDU 725.86 : 536 : 624.131.4.

69-129. Étude expérimentale du comportement de pieux en béton précontraint destinés à des fondations en eau profonde, sur le lac Maracaibo (Vénézuëla) (Experimentos sobre pilotes de concreto pretensado para fundaciones en aguas profundas en el lago de Maracaibo). PADRON R. (G. J.); *Col. Ingros Vénéz.*, Vénéz. (déc. 1957), n° 261, p. 13-23, 14 fig. — Essais de pieux cylindriques creux de 48,7 m de longueur destinés aux fondations d'installations de service de sociétés pétrolières. Fabrication des pieux : mise en précontrainte; résultats des essais de flexion sur support et des essais de battage. — E. 52441.

CDU 620.16/17 : 624.155 : 624.012.46.

### Deb li Bétons.

70-129. Modification de la composition des mélanges destinés à la fabrication du béton à air entraîné (Re-proportioning of concrete mixtures for air entrainment). GILKEY (H. J.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (fév. 1958), vol. 29, n° 8, p. 633-645, 5 fig. — Rappel de notions sur le phénomène de l'entraînement d'air et sur les modifications qui en résultent pour les caractéristiques du béton. — Étude des modifications à apporter à la composition d'un béton ordinaire pour fabriquer du béton à air entraîné ayant certaines caractéristiques. Résultat d'expériences ayant porté sur trois types de mélanges : riche, moyen, maigre. — E. 52136. CDU 693.542 : 666.973.6 : 620.1.

71-129. Étude de tuyaux en béton en service (Study of concrete pipe in service). MCCOY (W. J.), SWEITZER (R. J.), FLENTJE (M. E.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (fév. 1958), vol. 29, n° 8, p. 647-655, 13 fig., 8 réf. bibl. — Résultats satisfaisants de l'examen détaillé d'éléments de canalisations, en béton de composition connue, prélevés sur des conduites d'eaux plus ou moins agressives, afin d'en étudier la corrosion. — E. 52136.

CDU 620.193 : 628.14 : 666.972.

72-129. Le béton brut de décoffrage et son application. CAILLIEZ (A.); *Constr. mod.*, Fr. (mars 1958), n° 3, p. 92-114, nombr. fig. — Exposé de la technique; détails de mise en œuvre; description de réalisations récentes : bâtiments, barrages, châteaux d'eau. — E. 52562. CDU 693.548.

73-129. Tubes en caoutchouc gonflés pour la formation de cavités dans le béton (Inflated rubber tubing to obtain cavities in concrete). WALKER (J. N.); *Tech. Wetenschappelijk Tijdschrift*, Belg. (mars 1958), n° 3, p. 59-61, 3 fig. (résumé français). — Étude d'un procédé simple consistant à disposer dans le coffrage, avant la coulée du béton, des tubes en caoutchouc, système « Ductube » gonflés à une pression déterminée. Après prise du béton, ces tubes peuvent être facilement retirés et réutilisés. (Exposé accompagnant la projection d'un film). — E. 52371.

CDU 69.027.7 : 621.643.3 : 691.173 : 621.5.

74-129. La qualité du béton sur le chantier (Betongkvaliteten pa byggeplassen). FISKAA (O. M.); *Tek. Ukeblad*, Norv. (6 fév. 1958), n° 6, p. 113-117, 5 fig., 4 réf. bibl. — Comparaison du béton préparé sur le chantier et de celui préparé en laboratoire. — Compte rendu de deux séries d'essais de résistance à la compression sur cubes à 28 jours. Conseils donnés aux entrepreneurs pour obtenir une dispersion des résultats non supérieure à 10 %. — E. 51732. CDU 620.11/17 : 666.972 : 69.058.

75-129. Directives pour la surveillance des travaux dans la construction en béton et en béton armé (Leitsätze für die Bauüberwachung im Beton- und Stahlbetonbau). NAKONZ (W.); *Edit. : Deutscher Beton-Verein E.V.*, All. (1957), 10<sup>e</sup> édit., 1 vol., 156 p., 110 fig. — Voir analyse détaillée B. 2408 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52058.

CDU 693.5/55 : 658.562 : 389.6 (03).

76-129. Agenda du béton 1958. — Guide pour la construction en béton ordinaire et en béton armé ainsi que pour les domaines connexes. I. II. (Beton-Kalender 1958. — Taschenbuch für Beton- und Stahlbetonbau sowie die verwandten Fächer). — Edit. : *Wilhelm Ernst und Sohn*, All. (1958), 2 vol., I — xii + 928 p. + xiv p., 1428 fig. — II — vii + 531 p. + 53 p., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2406 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52120, 52121.

CDU 624.012.4 : 624.04 : 35 (03).

### Deb lu Bétons bitumineux, enrobés.

77-129. Étude théorique et expérimentale des enrobés fins. TESSONNEAU (P.); *Construction*, Fr. (mars 1958), t. 13, n° 3, p. 74-82, 7 fig., 3 réf. bibl. — Les enrobés fins en mortiers bitumineux comprennent les produits couramment dénommés : micro-bétons, sand asphalt, sheet-asphalt, cold-fine asphalt, tapissable. — Exposé des résultats excellents obtenus non seulement en tapis sur des chaussées de tout trafic, mais aussi en profilages minces. — Règles de composition, possibilités d'emploi des enrobés fins comme revêtement et reprofilages d'une part, comme couches de renforcement (binder) d'autre part. — E. 52539. CDU 625.8.06/7 : 691.16.

### Deb ne Béton armé.

78-129. Instruction spéciale pour les constructions en béton armé. — Instruction HA. 57 de l'I. T. C. C. — I. — Matériaux et exécution des constructions (Instrucción especial para estructuras de hormigon armado. — Instrucción HA. 57 del I. T. C. C. — I. — Materiales — Ejecución). PAEZ (A.); *Inst. Tec. Constr. Cemento*, Esp. (s. d.), 1 vol., 283 p. — *Normas y Manuales de l'Instituto de la Constr. Cemento*. — Voir analyse détaillée B. 2416 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52265.

CDU 693.55 : 691.35 : 389.6 (03).

79-129. Calcul simplifié des ossatures continues en béton armé. PAMELARD (H.); *Génie civ.*, Fr. (15 mars 1958), t. 135, n° 6, p. 135-137, 1 fig. — Rappel des recherches expérimentales faites dès 1933 sur l'adaptation des structures en béton armé aux sollicitations. Commentaires des observations faites au cours de ces essais. Considérations économiques. Ordre de grandeur du moment sur appui. Moments à considérer en travée. Choix de la méthode de calcul, et simplification des calculs. — E. 52226.

CDU 624.04 : 624.012.45 : 539.3/5.

80-129. Progrès et perspectives d'avenir de la construction en béton armé en Suisse (Fortschritt, Erfolg und die zukünftige Gestaltung des Stahlbetons in der Schweiz). ROS (M.); *Zement-Beton*, Autr., (fév. 1958), n° 11, p. 1-16, 27 fig. — Aperçu d'ensemble sur le développement de la technique du béton armé; la classification des bétons et des aciers d'armature; les contraintes admissibles; la sécurité des ouvrages. Rappel de résultats de recherches sur le comportement du béton armé ou précontraint effectuées par l'EMPA, à Zurich. — E. 52362. CDU 624.012.45/6 (494).

81-129. La recherche dans le domaine de la technologie du béton armé et sa contribution à la réalisation des éléments préfabriqués (Beitrag stahlbetontechnologischer Forschung zur Gestaltung von Fertigteilen). SORETSZ (S.); *Betonst.-Ztg.*, All. (fév. 1958), n° 2, p. 84-91,



17 fig., 16 réf. bibl. (résumés anglais, français). — Étude montrant à l'aide d'exemples qu'il est possible de réaliser des éléments préfabriqués très légers et offrant une grande résistance, grâce à la qualité du béton et à la précision des études d'éléments et de la fabrication en usine (notamment forme et mise en place des armatures). — E. 52020.

CDU 691.328 : 69.001.6 : 539.4.

81-129. Le soudage de l'acier Tor QRn 42 (Het lassen van Torstaal QRn 42). SMIT (G.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (fév. 1958), n° 13-14, p. 563-566, 8 fig. (résumés anglais, français, allemand). — Étude des conditions imposées en Allemagne et en Autriche pour le soudage des aciers à béton laminés à froid. — E. 52224.

CDU 621.791 : 693.554

81-129. Espacement des barres en recouvrement dans les poutres (Spacing of spliced bars in beams). CHAMBERLIN (S. J.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (fév. 1958), vol. 29, n° 8, p. 689-697, 10 fig., 4 réf. bibl. — Exposé d'essais effectués en vue de déterminer l'influence de l'espacement des barres en recouvrement, et celle de la longueur du recouvrement sur la capacité de charge de poutres de petites dimensions. — Les essais ont porté sur vingt et une poutres armées d'aciers crénelés. — Discussion des résultats. — E. 52136.

CDU 620.16 : 624.072.2 : 693.554.

Deb ni Béton précontraint.

82-129. Béton précontraint avec armature pré-tendue. Perte de précontrainte due au raccourcissement élastique du béton (Prestressed concrete with pre-tensioned steel. Loss of prestress due to elastic shortening of the concrete). ABELES (P. W.); *Concr. Constr. Engng.*, G.-B. (fév. 1958), vol. 53, n° 2, p. 83-89, 10 fig. — Exposé d'une méthode de détermination de la perte de précontrainte, avec exemples numériques. — E. 51806.

CDU 693.564.2 : 624.043/4 : 539.3.

83-129. Déformation des éléments de béton armé préfabriqués et précontraints, à armature non adhérente, soumis à la flexion (Deformations of precast concrete elements with precompressed non-adherent reinforcement under bending). WEISSENBERG (M.), CIUNGU (S.); *Stud. Cerc. Mecan. apl.*, Roum. (1957), n° 3, p. 865-885, 14 fig., 4 réf. bibl. (résumés russe, français). — Étude basée sur l'hypothèse que pour les éléments soumis à la flexion, dans lesquels l'adhérence entre béton et armature est interrompue sur une portion médiane, l'égalisation des efforts unitaires le long des armatures se fait selon une déformation spécifique moyenne et non pas en raison de l'allongement maximum. Les essais ont confirmé la validité de cette hypothèse. — E. 51953.

CDU 624.044/3 : 624.072.2 : 624.012.45 6.

Dec CHARPENTE. MENUISERIE.  
SERRURERIE. STRUCTURES.

Dec j Travail du bois.  
Charpente. Menuiserie.

84-129. Trente plans-types de charpente en bois. — BROCHARD (F.X.); *Ann. I. T. B. P.*, Fr. (mars-avr. 1958) n° 123-124, p. 283-16, fig. — Ces plans-types de fermes sont à exécuter en charpente en bois cloué. — Les sections ont été calculées pour résister à des charges et surcharges courantes, indiquées dans les cartouches. — Les fermes doivent être construites en bois résineux, de qualité éfinie par la catégorie II des Normes françaises. — Sur chaque plan, des tableaux permettent de déterminer les sections des éléments des fermes, des solives, des pannes, et le cube de bois par m<sup>2</sup> de surface couverte. — E. 52491.

CDU 624.011.1 : 624.04 : 744.

Ded TRAVAUX D'ACHÈVEMENT

Ded I Étanchéité des constructions.  
Joints étanches.

85-129. Étanchéité des joints des canalisations d'égout (Tätheten hos rörfogar i avloppsledningar). NILKLASSON (L.); *Stat. Nämnd Byggnadsforskning (SNB)*, Suède (1958), Rapp. n° 45, 86 p., nombr. fig., 25 réf. bibl. — Étude suédoise sur les matériaux et les méthodes appropriées pour garantir l'étanchéité des joints des conduites d'égouts. Description des procédés anciens et des méthodes modernes de réalisation des joints; essais de laboratoire en vue de déterminer les caractéristiques à exiger des matériaux employés; essais en campagne. Comportement des joints réalisés avec du coulis de ciment, avec de l'asphalte coulé à chaud, avec des bandes bitumineuses, avec des collets en matières plastiques employés conjointement avec une pâte bitumineuse. — E. 52007.

CDU 699.82 : 693.5.012.43 : 628.25.

Dib PLOMBERIE SANITAIRE

86-129. Études aérodynamiques ayant pour objet de faciliter le calcul des tuyaux de chute des eaux usées (Aerodynamic studies to aid drainage stack design). WISE (A. F. E.); *Réimpr. : Instn publ. Health Engrs J.* (jan. 1957), Part. I, p. 48-64, 17 fig. — Considérations sur l'écoulement d'un mélange d'eau et d'air. — Recherches effectuées au Service des Recherches du Bâtiment de Grande-Bretagne. — Résultats. Comparaison des résultats expérimentaux aux données théoriques. — E. 52692.

CDU 696.12 : 532.5.

87-129. Les installations d'évacuation des eaux usées dans les maisons d'habitation : étude hydraulique et fonctionnement (Drainage pipework in dwellings : hydraulic design and performance). WISE (A. F. E.); *B. R. S.*, G. B. (1957), 1 vol., vi + 76 p., 50 fig., 25 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2405 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52543

CDU 696.12 (03).

88-129. L'évacuation des eaux usées par conduit unitaire (Single stack drainage). WISE (A. F. E.); tiré à part : *Municip. J.*, G.-B. (29 oct. 1954), vol. 62, n° 3219, p. 2652-2653, 4 fig., 8 réf. bibl. — Problèmes posés par le système. Essais. Résultats. Étude des installations. Fonctionnement du système dans la pratique. Économies qu'il procure. — E. 52693.

CDU 696.12.

89-129. Étude des installations d'évacuation à conduit unitaire pour les immeubles d'habitation à plusieurs étages (Investigation of single-stack drainage for multi-storey flats). WISE (A. F. E.), CROFT (J.); tiré à part de : *Royal Sanit. Inst.*, G.-B. (Conférence 2 — Engineers and Surveyors, Scarborough Health Congress, on Thursday, 29 avr. 1954), p. 160-186, 34 fig., 11 réf. bibl. — Études sur la vidange des appareils sanitaires : probabilités de vidange simultanée. Essais en laboratoire et sur installations réelles. Applications au calcul des installations ; précautions à prendre. — E. 52695.

CDU 696.12.

90-129. Installations d'évacuation à conduit unitaire : quelques récentes études d'hydraulique expérimentale effectuées au Laboratoire de Recherches du Bâtiment de Grande-Bretagne (One-pipe plumbing : some recent experimental hydraulics at the Building Research Station). WISE (A. F. E.); tiré à part de : *J. Instn Sanit. Engrs.*, G.-B. (1952), Part 1, vol. 51, p. 20-49, 16 fig. — Garde d'eau nécessaire. Application des résultats des essais à la conception des installations. — E. 52694.

CDU 696.12.

Die CLIMATISATION

91-129. La transmission de la chaleur dans un écoulement turbulent en conduite circulaire (Heat transfer in turbulent pipe flow). HUNZIKER (R. R.); *J. Franklin Inst.*, U. S. A. (mars 1958), vol. 265, n° 3, p. 205-225, 4 fig., 38 réf. bibl. — Calcul de la distribution des températures, conditions aux limites, nombre de Nusselt ; développement des calculs par la méthode de Ritz ; comparaison des résultats expérimentaux à ceux du calcul. — E. 52580.

CDU 536.2 : 621.643.2 : 532.5.

92-129. Le rôle de la réserve de fourniture de chaleur dans les différents calculs de la technique du chauffage (Die Rolle der Wärmeleistungsreserve bei den einzelnen heiztechnischen Berechnungen). SUTER (W. H.); *Heiz.-Lüft.*, Suisse (1958), n° 1, p. 6-14, 2 fig. — Influence de la réserve de fourniture de chaleur à prévoir pour une installation, par rapport aux besoins courants, d'une part sur le dimensionnement des éléments, d'autre part sur les caractéristiques de fonctionnement de l'installation. — E. 52597.

CDU 697.13/14 : 697.3.

Die I Chauffage.

93-129. Les installations de chauffage et de ventilation de la nouvelle salle de congrès et d'exposition « Rhein-Main-Halle » à Wiesbaden (Die Heizung und Lüftungsanlagen der Rhein-Main-Halle in Wiesbaden). BÜRGER (W. C.); *Heiz.-Lüft.-Haustech.*, All. (20 mars 1958), vol. 9, n° 3, p. 49-54, 16 fig. — E. 52384.

CDU 697.38/95 : 725.83.

94-129. Rendement des systèmes de chauffage périmétriques à air chaud, à petits tubes (Performance of small-pipe warm-air perimeter heating systems). BAHNFLETH (D. R.), CHEN (C. F.), GILKEY (H. T.); *Univers. Illinois Engng. Experim. Stat.*, U. S. A. (juil. 1957), vol. 54, n° 81, Bull. 445, 35 p., 28 fig., 7 réf. bibl. — Compte rendu d'essais exécutés au Laboratoire Expérimental de l'Université d'Illinois en vue d'examiner si l'on peut utiliser ce système de chauffage pour les maisons à un niveau sur sous-sol. — E. 52271.

CDU 697.38 : 728.3 : 536.6.

95-129. Un exemple de modernisation d'installations sanitaires à l'École supérieure technique du Génie. RICHARD; *Rev. génie milit.*, Fr. (jan.-fév.-mars 1958), t. 91, p. 27-52, 15 fig., 1 réf. bibl. — Exposé présentant les caractéristiques particulières du service d'eau chaude sanitaire réalisé en 1955 à la caserne Carnot, à Versailles, et précisant les points sur lesquels, lors de l'étude et de la réalisation d'installations analogues, il faut porter son attention. Ces principes sont valables pour des installations plus importantes, dont l'auteur expose la conception d'ensemble. — E. 52394.

CDU 696.4 : 727.4.

Die n Ventilation. Conditionnement.  
Traitement de la matière.

96-129. Le conditionnement de l'air (Air conditioning). WOOLRICH (W. R. et jr); Édité : *Ronald Press Cy*, U. S. A. (1957), 1 vol., vi + 384 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2402 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52148.

CDU 697.9/3/1 (03)

97-129. Emploi de charbon de bois activé pour l'épuration de l'air (Activated charcoal for air purification). BARNEBEY (H. L.); *Heat. Pip. Air condition.*, U. S. A. (mars 1958), vol. 30, n° 3, p. 153-160, 16 fig. — Le charbon de bois activé élimine par adsorption les gaz et vapeurs contenues dans l'air, cette épuration complétant l'ensemble des opérations du conditionnement de l'air. — Exposé sur un procédé de détermination des quantités de charbon de bois activé nécessaires à cet effet,



et sur les équipements utilisés. — E. 52283.  
CDU 697.98 : 662.

## Dif ÉCLAIRAGE

98-129. **Interréflexions dans les pièces asymétriques** (Interreflections in asymmetrical rooms). O'BRIEN (P. F.); *Illum. Engn.*, U. S. A. (mars 1958), vol. 53, n° 3, p. 131-139, 8 fig., 22 réf. bibl. — Les données empiriques et théoriques utilisées pour les calculs d'éclairage concernent principalement les pièces symétriques. La présente étude propose une méthode de détermination de l'éclairage dans des locaux asymétriques. Résultats numériques obtenus avec emploi d'une calculatrice analogique électrique. — E. 52573.  
CDU 628.972 : 535.24.

## Dif PROTECTION CONTRE LES DÉSORDRES ET ACCIDENTS

### Dif j Acoustique. Vibrations. Protection contre les bruits et les vibrations.

99-129. **Caractéristiques d'isolation au son des murs à simple paroi** (Sound insulation of single leaf walls). GRANHOLM (P.); *Chalmers Tek. Högskolas Handl.*, Suède (1958), n° 194, 48 p., 6 fig., 9 réf. bibl. — Détermination des causes de la vibration d'un mur sous l'effet des ondes produites par le son; radiation du son par le mur; influence de la rigidité de la paroi à la flexion et de l'obliquité de l'incidence des ondes sonores. — E. 52374.  
CDU 534 : 69.022 : 699.844.

### Dif l Protection contre l'incendie.

100-129. **L'évacuation des fumées, mesure de protection contre l'incendie dans les grands bâtiments industriels** (Rogventilation som brandsikkerhedsforanstaltning i store industrielle bygninger). LUNDSCGAARD (H.); *Ingeniøren*, Danm. (15 mars 1958), n° 6, p. 205-210, 9 fig., 16 réf. bibl. — L'accumulation de la fumée sous le toit d'un bâtiment, en cas d'incendie, favorise la propagation du feu et en rend l'extinction difficile. Intérêt d'une ventilation appropriée des combles, de l'emploi de matériaux résistant à l'incendie et de l'installation de dispositifs de pulvérisation d'eau. — E. 52259.

CDU 699.81 : 725.4 : 697.98.

## Dif na Danger aérien.

101-129. **La pollution de l'air** (Air pollution). THRING (M. W.); Édit. : *Butterworths Scientific Publications (Sci. Rev. Departm.)*, G.-B. (1957), 1 vol., x + 248 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2403 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52172. CDU 628.512 (03).

## Dig m RÉSERVOIRS. SILOS

102-129. **Réservoirs d'eau placés sur la toiture et réservoirs intermédiaires pour bâtiments à étages multiples** (Roof and zone tanks for multi-story buildings). JERUS (G. R.); *Air Condition. Heat. Ventil.*, U. S. A. (mars 1958), vol. 55, n° 3, p. 67-82, 16 fig. — Dans les bâtiments à étages multiples il est nécessaire de prévoir des réservoirs d'eau pour différents besoins de l'immeuble; ces réservoirs fournissent en particulier l'eau nécessaire en cas d'incendie. Quand la hauteur du bâtiment entraîne des pressions trop élevées dans les canalisations du réservoir de toiture, il est nécessaire de prévoir des réservoirs intermédiaires desservant un groupe d'étages. Calcul de ces types de réservoirs; détails de construction des réservoirs à structure en bois et des réservoirs en acier. E. 52305.

CDU 696.11 : 621.642 : 721.011.2.

103-129. **Le deuxième gazomètre à plateau intérieur mobile de 50 000 m<sup>3</sup> de l'usine de distribution de gaz et d'eau de Bâle, à la cokerie de Kleinhüningen** (Der zweite Scheibengasbehälter 50 000 m<sup>3</sup> des Gas- und Wasserwerkes Basel in der Gaskokerei Kleinhüningen). WARTMANN (R.); *Stahlbau-Bericht*, Suisse (fév. 1958), n° 2, 16 p., 13 fig., 3 réf. bibl. — Description de ce gazomètre polygonal d'un diamètre extérieur de 34 m et de 63 m de hauteur. — E. 52299.

CDU 693.953 : 662.76 : 624.014.2.

## Do ENTREPRISES. ORGANISATION. INDUSTRIALISATION. MAIN-D'ŒUVRE. ÉTUDES. DOCUMENTATION.

104-129. **Les problèmes de l'économie dans la conception et la construction des bâtiments**. — BARETS (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (mars-

avr. 1958), n° 123-124 (Questions générales : 37), p. 417-438, 5 fig. — Depuis dix ans la construction a évolué sous l'influence des solutions trouvées par le technicien pour répondre aux impératifs imposés à l'échelon gouvernemental par les possibilités en main-d'œuvre et en matériaux. D'autre part, dans l'état des crédits disponibles, il y a lieu de maintenir avant tout un prix plafond. — Il faut également réaliser des chantiers comportant des ensembles à grande répétition, l'industrialisation maximum et des techniques économisant la main-d'œuvre. — L'économie est conditionnée, dans la conception, par le choix du terrain, du plan masse, du nombre de niveaux, des tranches successives, de la cellule, des matériaux et du procédé; la productivité soit par l'habitude, soit par l'organisation : rendement (avec prime); normalisation, équipement en matériel lourd. — E. 52491. CDU 69.003/2 : 338.9.

105-129. **Appointements et salaires en vigueur dans le bâtiment et les travaux publics du 1<sup>er</sup> novembre 1956 au 15 janvier 1958**. — Textes fondamentaux. Grilles de salaires. Classement des localités. — Édit. : *Monit. Trav. Publ. Bâtim.*, Fr. (fév. 1958), numéro hors série formant supplément « Taux et Indices des Salaires », n° 428 bis, 120 p. — Voir analyse détaillée B. 2396 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52407.  
CDU 331.2 (03).

## Dod MATÉRIEL ET OUTILLAGE

106-129. **Forces mises en jeu par l'action des lames des scrapers et des bulldozers. Recherches expérimentales effectuées dans le sable moyen et dans le limon sableux peu cohérent** (Das Kräftespiel an ebenen Schürfkübelnschneiden und an Planierschilden. Untersuchungen in Mittelsand und in schwach bindigem, sandigem Schluff). DREES (G.); *V. D. I., All.* (21 mars 1958), vol. 100, n° 9, p. 345-352, 36 fig., 5 réf. bibl. — Résultats d'essais de matériels comportant des lames de différents profils, attaquant le sol sous différents angles. — E. 52360.

CDU 624.131.5 : 621.879 : 69.001.5.

107-129. **Les blondins** (Kabelkrane). BARAT (J.), PLAWINSKI (W. I.); Édit. : *VEB Verlag Technik*, All. (1956), 1 vol., 351 p., 358 fig., 34 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2407 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 51950. CDU 621.86 : 624.071.2 (03).

## F. — LES OUVRAGES

### Fac ÉLÉMENTS PORTEURS

#### Fac j Ossatures. Piliers. Colonnes.

108-129. **Construction industrielle de poteaux de halles de grande hauteur** (Industrielle Herstellung hoher Hallenstützen). JERMANN (F.), HAUBENREISSER (H.); *Bauplan.-Bautech.*, All. (fév. 1958), n° 2, p. 53-57, 12 fig. — Dispositions prises pour la construction de poteaux en béton armé de 8 m, 18 m et 24 m de hauteur, destinés à un hall de cimenterie. — Échafaudages tubulaires. — E. 51724.  
CDU 624.97 : 624.012.45 : 725.4.

109-129. **Nouveaux types de murs pour les immeubles d'habitation du Hansa-Viertel à Berlin** (Neue Wandbauarten des Hansa-Viertels). BRAUN (G.); *Bauwirtschaft*, All. (1<sup>er</sup> mars 1958), n° 9, p. 183-188, 18 fig. — Enquête

effectuée par l'Institut de la Recherche du Bâtiment de Hanovre pour rechercher si des innovations intéressantes avaient été présentées. — Les résultats de l'enquête ont établi que d'une façon générale l'évolution dans le domaine des types de murs paraît pour le moment arrêtée, les innovations ayant plutôt trait à l'emploi de la préfabrication plus ou moins poussée dans la construction des murs. — E. 52050. CDU 69.001.6 : 69.022.

110-129. **L'emploi d'ossatures légères dans le bâtiment. I. II. (fin)** (Der Leicht-Skelettbau). BRUCKMAYER (F.); *Bauwirtschaft*, All. (15 mars 1958), n° 11, p. 227-231, 11 fig.; (22 mars 1958), n° 12, p. 252-258, 14 fig., 6 réf. bibl. — Évolution récente du procédé de construction à ossature légère et murs porteurs; bases de calcul; perspectives d'avenir. — E. 52252, 52401. — CDU 693.9 : 69.022.1.

#### Fac l Poutres. Dalles. Planchers. Auvents. Portiques. Cadres.

111-129. **La poutre Preflex. I. II. III. (fin)** (Der Preflexträger). WITTFORT (H.); *Bau-technik*, All. (oct. 1957), n° 10, p. 385-395, 36 fig., 4 réf. bibl.; (jan. 1958), n° 1, p. 28-34, 22 fig., (mars 1958), n° 3, p. 106-113, 41 fig., 1 réf. bibl. — Étude détaillée de ce type de poutre mixte précontrainte. Caractéristiques générales, mode de réalisation, comportement aux essais. Calcul statique de la poutre Preflex. — E. 50057, 51375, 52296.  
CDU 624.072.2 : 624.016 : 624.043.

#### Fac m Toitures. Voûtes. Dômes. Coupoles. Arcs. Escaliers. Voiles.

112-129. **Escaliers en acier** (Treppen aus Stahl). *Beratungstelle f. Stahlverwendung*

Kaiserswerther Str. 135, Düsseldorf, All. (s. d.), *Merkblätter über Sachgemässe Stahlverwendung*, Lfd n° 193, Ablagezeichen : D-II-15, 16 p., 32 fig. — Description illustrée de différents types d'escaliers en acier, intérieurs et extérieurs, réalisés pour des habitations, magasins, ateliers, expositions. — Escaliers hélicoïdaux en acier (Wendeltreppen aus Stahl). (s. d.), Lfd. n° 205, Ablagezeichen : D-II-15, 12 p., 17 fig., 1 réf. bibl. — Note illustrée sur les escaliers hélicoïdaux en acier, leur construction et l'intérêt qu'ils présentent pour les architectes modernes. Exemples de réalisations récentes. — E. 51555, 51556. CDU 69.026.25 : 624.014.2.

113-129. Les toitures. (Types de construction et matériaux). — (Dächer. — Bauarten Baustoffe. Bauformen). ZOLLINGER (R. M.); Edit. : *Konradin-Verlag Robert Kohlhammer GmbH*, All. (1957), 1 vol., 278 p., nombr. fig., 13 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2409 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52174. CDU 69.024 : 624.01 : 691 (03).

114-129. La rationalisation de la construction des couvertures en voiles minces (Rationalisatie bij de toepassing van schaaldaken). Bouw, Pays-Bas (8 mars 1958), n° 10, p. 226-233, 33 fig., 4 réf. bibl. (Tiré d'un article de H. RUHLE, A. VOLBEDA : « Baukunst und Werkform »). — Recueil abondamment illustré des caractéristiques de préfabrication et de montage, ou de réalisation *in situ* d'un grand nombre de types de couvertures en voiles minces de béton armé, pour bâtiments industriels ou publics. — E. 52138. CDU 69.024.4 : 624.012.45/3.

## Fec BATIMENTS CULTURELS. SPORTS

115-129. Au Havre : la nouvelle église Saint-Joseph. — *Constr. mod.*, Fr. (fév. 1958), n° 2, p. 52-58, 10 fig. — Description de cette église en béton brut de décoffrage. Clocher octogonal creux de 80 m de hauteur et de 13 m de diamètre, reposant à la cote 35 m sur une charpente, appuyée à son tour, à la cote 25 m, sur quatre groupes de piliers, dont chacun est fondé sur quatre puits Benoto de 1,45 m de diamètre. — E. 51991. CDU 726.5 : 624.012.45 : 624.154.

116-129. Le pavillon de l'U. R. S. S. à l'Exposition Universelle de Bruxelles. BOC-COINGBOD (R.); *Rev. Alumin.*, Fr. (fév. 1958), n° 251, p. 180-183, 12 fig. — Description succincte, mais bien illustrée, du bâtiment principal mesurant 150 m de long, 72 m de large et 21 m de haut. La charpente de toiture et les montants des façades, entièrement vitrées, sont en alliage d'aluminium. La couverture est en tôle ondulée d'aluminium. — La structure porteuse est constituée de deux rangées de mâts à trois branches, en treillis de tubes d'acier à haute limite élastique, dont les branches latérales, suspendues par câbles, portent les charges équilibrées du lanterneau et des vitrages de façade. — E. 52177. CDU 725.91 : 624.014.2/7.

117-129. Constructions sportives. — *Archit. Auj.*, Fr. (fév. 1958), n° 76, 103 p., nombr. fig. — Numéro consacré à la description de stades, halls de sport, gymnases, patinoires, piscines, clubs nautiques réalisés dans divers pays. — E. 52474. CDU 725.84/89.

## Fed TRAVAUX MILITAIRES. TRAVAUX D'UTILITÉ PUBLIQUE. ALIMENTATION EN EAU. HYGIÈNE PUBLIQUE. GÉNIE RURAL. EAUX SOUTERRAINES.

### Fed j Travaux militaires.

118-129. La base Cooke de l'Armée de l'Air américaine pour la construction et le lancement

des fusées (Cooke AFB : missile construction hums). *Engng-News-Rec.*, U. S. A. (27 fév. 1958), vol. 160, n° 9, p. 30-32, 35-36, 11 fig. — Description des installations : plateformes de lancement, ateliers de montage, réservoirs et équipements, bâtiments d'exploitation. — E. 52178. CDU 623.

### Fed la Alimentation en eau. Réservoirs d'eau. EAUX SOUTERRAINES.

119-129. Notions élémentaires sur la distribution de l'eau de consommation et sur le traitement des eaux usées (Elements of water supply and waste-water disposal). FAIR (G. M.), GEYER (J. Ch.); Edit. *John Wiley and Sons, Inc.*, U. S. A. (1958), 1 vol., vii + 615 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2401 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52032. CDU 628.1/3 (03).

120-129. Hydrogéologie et travaux publics en pays arides. La construction d'un réseau routier au Sahara. — GOSSELIN (M.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (mars-avr. 1958), n° 123-124, (Questions générales : 36), p. 259-282, 20 fig. — L'exploitation des ressources minérales et pétrolières du Sahara justifie la construction de routes lorsque le tonnage annuel est de 40 à 50 000 t. — Un programme de première urgence comporte un ensemble de 2 000 km de routes à réaliser en trois ou quatre ans. Les matériaux locaux peuvent être utilisés mais la difficulté est d'acheminer les 300 m³ d'eau nécessaires à la construction de chaque kilomètre de route. On expose l'état des connaissances sur les ressources en eau du Sahara dont les nappes souterraines constituent une réserve d'eau les plus grandes du monde, mais dont la vitesse d'écoulement est très lente et ne permet que des débits relativement faibles. — E. 52491. CDU 625.7 : 628.1 : 550.3 (25) (61).

121-129. Formules pour le calcul des captages des eaux souterraines par puits à drains filtrants. IKONOMOV (L.); *Gén. civ.*, Fr. (1<sup>er</sup> mars 1958), t. 135, n° 5, p. 104-108, 8 fig., 1 réf. bibl. — E. 52023. CDU 532 : 628.11.

### Fed m Hygiène publique. Évacuation des eaux.

121-129. L'évacuation des eaux d'égout à Santa Monica Bay, Californie (Sewage disposal in Santa Monica Bay, California). GUNNERSON (C. G.); *J. Sanit. Engng Div.*, U. S. A. (fév. 1958), vol. 84, n° SA1 : *Proc. A. S. C. E.*, Pap. 1534, 28 p., 15 fig., 25 réf. bibl. — Étude des facteurs physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques affectant les eaux de la baie qui reçoit l'effluent de l'installation de traitement des eaux d'égout de Los Angeles, et du traitement à faire subir aux eaux usées suivant la distance de la côte à laquelle débouchent les égouts. — E. 52170. CDU 628.39/33.

122-129. Égout de secours à Carlisle Street East, Sheffield. (Grande-Bretagne) (Flood relief sewer Carlisle Street East, Sheffield). SCOUGALL (A.); *J. Instn munic. Engrs*, G.-B. (mars 1958), vol. 85, n° 3, p. 65-81, 9 fig. — Description des travaux de construction d'un égout destiné à compléter le réseau existant, insuffisant en cas de fortes pluies. Études préliminaires. Caractéristiques et pose des buses et éléments de jonction préfabriqués en béton armé. Maçonneries de liaison et revêtements. — E. 52142. CDU 628.2 : 691.328 : 693.5.

123-129. Ouvrages normaux et spéciaux de canalisations d'égout (Musterblätter für Normal-und Sonderbauwerke von Kanalisationen).

*Schweiz Ingr. Archit. Ver. (S. I. A.)* Suisse (1950), 2<sup>e</sup> édit. révisée, n° 146, 27 p. (en français et en allemand). — Recueil de planches constituant des directives pratiques. Présentation des plans; tuyaux circulaires et ovoïdes, cheminées de visite, ouvrages de collecte des eaux pluviales, de raccordement et de chasse (sans précisions concernant les débits, les sections utiles ou le choix des matériaux; éléments en béton, moulé ou centrifugé, en grès, préfabriqués ou coulés sur place). — E. 51969. CDU 628.24/5 : 744 : 35 (494).

124-129. Les stations de pompage des eaux usées à Wellington (Nouvelle Zélande) (Sewage pumping stations in Wellington). DUNNING (K. M.); *Engineering*, N. Zél. (15 fév. 1958), vol. 13, n° 2, p. 60-69, 13 fig. — Étude hydraulique, équipements. — Étude et réalisation des ouvrages. — E. 52635. CDU 628.29.

125-129. Extension du réseau d'égouts de Los Angeles. I. Construction d'un long égout collecteur à travers les collines Baldwin. II. Extension de la station d'Hyperion en vue du traitement de 1587 millions de litres. — III. (fin). Construction de deux émissaires débouchant dans l'océan (Los Angeles enlarges its sewage facilities. I-Long land outfall built through Baldwin hills. II-Hyperion plant expanded to treat 420 mgd. III-Two long ocean outfalls constructed). NARVER (D. L.), GRAHAM (E. H.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (nov. 1957), vol. 27, n° 11, p. 52-56, 6 fig.; (déc. 1957), vol. 27, n° 12, p. 50-52, 2 fig.; (jan. 1958), vol. 28, n° 1, p. 38-43, 8 fig. — Brève description des travaux d'extension des égouts de Los Angeles. — Description des travaux en cours pour la pose de deux émissaires servant l'un pour l'évacuation des boues, l'autre pour celle des eaux usées après traitement primaire. — E. 52496. 52497, 51493. — CDU 628.24/39 : 627.2.

### Fib OUVRAGES INDUSTRIELS ET COMMERCIAUX, DE PRODUCTION D'ÉNERGIE ET D'UTILITÉ PUBLIQUE.

#### Fib l Dépôt de marchandises. Marchés.

125-129. Couverture de la nouvelle halle marchandises de la gare de Copenhague (Overdækning af det nye pladslæningsanlæg på Københavns godsbangård). KUDSK-JØRGENSEN (B.); *Ingeniøren*, Danm. (1<sup>er</sup> fév. 1958), n° 3, p. 118-122, 8 fig. — Surface couverte : 12 000 m². Surface des quais : 4 000 m². Capacité des voies : quatre-vingt-cinq wagons. — Description de la halle dont la charpente comporte des fermes de 29 m d'ouverture en béton précontraint. — E. 51606. CDU 725.32/5 : 624.012.46.

#### Fib n Production d'énergie. Ouvrages hydrauliques. Barrages. Régularisation des cours d'eau.

126-129. Observation du comportement en service du barrage de Hungry Horse (U. S. A.) (Measuring the structural behaviour of Hungry Horse dam). RICHARDSON (J. T.); *Engineer*, G.-B. (14 fév. 1958), vol. 205, n° 5325, p. 240-243, 10 fig., 6 réf. bibl. — Description de l'important appareillage utilisé qui comprend six cent-quatre-vingt-un instruments de types divers incorporés dans l'ouvrage (barrage-voûte en béton). — Emplacements choisis pour ces instruments. — E. 51827. CDU 531.7 : 627.8 : 624.012.4 : 620.1. 05.

127-129. L'aménagement hydroélectrique de Bouça (Portugal) I. II. III. IV. V. (fin). (O aproveitamento hidroelectrico da Bouça).



ALMEIDA PEREIRA (J. de), CANDIDO DA SILVA (J.); *Electricidade*, Portug. (jan. mars 1957), n° 1, p. 71-94, 30 fig., 1 fig. h.-t.; (avr.-juin 1957) n° 2, p. 59-80, 31 fig., 1 fig. h.-t.; (juil.-sep. 1957) n° 3, p. 73-86, 24 fig., 1 fig. h.-t.; (oct.-déc. 1957), n° 4, p. 81-106, 38 fig., 1 fig. h.-t.; (jan.-mars 1958), n° 5, p. 59-66, 84, 15 fig., 1 fig. h.-t., 15 réf. bibl. — Description du barrage et de la centrale construite sur le Zézere, comprenant les installations de Castelo do Boda et de Cabril. — Barrage-voute à double courbure de 63 m de hauteur et 171 m de développement. Site. Exécution des travaux. Fabrication du béton. Centrale. Equipement. — E. 52036, 52037, 52038, 52357.

CDU 627.8 : 624.072.32 : 693.5 : 621.311.21.

128-129. Programme de travaux pour la protection de la crue de Woonsocket, Rhode Island, contre les vagues de la rivière Blackstone. Étude sur modèle hydraulique (Blackstone river flood-control project at Woonsocket, Rhode Island. Hydraulic model investigation U. S. Army Engr Waterw. Exper. Stn Corps Engrs Vick. Miss., U. S. A. (déc. 1957), Tech. Rep. n° 2-468, vii + 13 p., 22 fig. h.-t., 9 pl. h.-t. — Recherches sur modèle effectuées à la Hydraulics Division of the Waterways Experiment Station de juin à décembre 1956. — Description du modèle à lit fixe à l'échelle de 1:50; organisation des essais, résultats et conclusions. — E. 51974.

CDU 627.51 : 532.5 : 69.001.5.

129-129. Les travaux d'aménagement de la chute de Montélimar par la Compagnie Nationale du Rhône. — La construction du bloc-usine Henri Poincaré-déchargeur-écluse à Châteaufort-du-Rhône et celle du canal de fuite. III. IV. (fin). GRÈS (G.); *Gén. civ.*, Fr. (1<sup>er</sup> juin 1957) t. 134, n° 11, p. 241-248, 20 fig.; (1<sup>er</sup> mars 1958), t. 135, n° 5, p. 97-103, 18 fig. — (I. II. paru dans nos DT. 91 de jan. 1956, art. 185, et 101 de jan. 1957, art. 197). — Description de l'usine, du déchargeur composé de deux parties identiques et de l'écluse comprenant un sas de 195 × 12 m de surface utile. — E. 47981, 52023.

CDU 627.8/1 : 621.311.21 : 626.1/4.

130-129. Les prises d'eau de la conduite d'amenée de Gadenmen alimentant la centrale d'Innertkirchen (Suisse). I. II. (fin). (Die Wasserfassungen der Zuleitung Gadenmen zum Kraftwerk Innertkirchen). JULLIARD (H.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (1<sup>er</sup> mars 1958), n° 9, p. 119-124, 11 fig.; (8 mars 1958), n° 10, p. 135-140, 14 fig. — Description des trois prises d'eau et de la conduite d'amenée de 13 km de longueur. — E. 52054, 52445.

CDU 627.84 : 621.643.5 : 628.15.

131-129. Essais de la cheminée d'équilibre de Cordéac en ce qui concerne la condition de Thoma. CHEVALIER (J.), HUG (M.); *Houille blanche*, Fr. (déc. 1957), n° 6, p. 888-902, 13 fig., 1 réf. bibl. — Les essais ont permis de comparer la stabilité effective de marche d'une usine ayant une cheminée d'équilibre de section voisine de la section de Thoma à la stabilité théorique que l'on peut déduire des hypothèses sur lesquelles est basée la condition de Thoma. Ces essais ont également mis en évidence l'influence de tout retard introduit dans la chaîne de régulation de l'usine. — E. 52230.

CDU 532.5 : 621.646 : 627.8.

131a-129. Centrale thermique de Strasbourg. DERAMPE (P.); *Modernisation*, Fr. (1958), n° 26, p. 33-54, 25 fig. — Situation géographique, campagne de reconnaissance, résultats géologiques des reconnaissances, résultats hydrologiques des sondages, essais géotechniques, gros terrassements. Fondation du bloc-usine, charpente métallique, façades, cheminée. (Le reste du numéro de la revue (p. 55-67) est consacré aux équipements et au fonctionnement de cette centrale). — E. 52598.

CDU 621.311.22 : 624.13/15 : 624.014.2.697.85.

131b-129. Construction abritant le réacteur rapide de Dounreay (G.-B.) (Housing the Dounreay fast reactor). BARRETT (N.T.); *Struct. Engr.*, G.-B. (mars 1958), vol. 36, n° 3, p. 85-97, 10 fig., 3 réf. bibl. — Problèmes particuliers posés par la réalisation de cette construction. — Raisons ayant dicté le choix d'une enveloppe de forme sphérique contenant une enceinte en béton armé. — Construction de la sphère de 41 m de diamètre et de l'enceinte en béton. — Fondations. — Composition du béton. — Sas d'aération. — E. 52031.

CDU 621.311.2 : 539.1 : 624.014.2 : 624.012.45.

## Fid VOIES DE COMMUNICATION

Fidja

Routes.

132-129. Cours élémentaire de routes. DUBET (G.); Édit. : Eyrolles, Fr. (1957), 2<sup>e</sup> édit., 1 vol., 200 p., 143 fig. — Voir analyse détaillée B. 2393 au chapitre III « Bibliographie » — E. 51970.

CDU 625.7 (03).

133-129. Emploi de béton précontraint pour la construction de routes au Danemark (Anvendelse af forspændt beton til korebaner). GOTE (V.); *Dansk Vejdridsskrift*, Danm. (fév. 1958), n° 2, p. 28-38. — Étude de divers types de dalles en béton précontraint. Difficultés de réalisation. Essais effectués en Angleterre. Prix de revient d'une route en béton précontraint. — E. 51809.

CDU 625.84 : 624.012.46 (489).

134-129. Étude et exécution de la fondation et du revêtement en béton de la route nationale n° 4 à (Amsterdam) Burgerven-Rijswijk (Rotterdam) (Ontwerp en aanleg van de aardebaan en de betonverharding van Rijksweg n° 4a — Amsterdam — Burgerven-Rijswijk — Rotterdam). WEVER (J.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (fév. 1958), n° 8, p. 531-536, 539, 10 fig. (résumés anglais, français, allemand). — Étude du tracé, des raccordements et des croisements. Remplacement d'une partie du sol de mauvaise qualité par du sable. Réalisation de quatre types de revêtements : béton ordinaire sur 23 cm, béton ordinaire de 15 cm sur fondation de béton maigre de 15 cm, béton ordinaire de 20 cm sur fondation de 15 cm de sable stabilisé au ciment. Quelques sections ont été exécutées en béton précontraint. — E. 52224.

CDU 625.7/8/84 : 624.138.

135-129. Prescriptions techniques et directives pour la réalisation des revêtements routiers bitumeux. II. III. V. (Technische Vorschriften und Richtlinien für den Bau bituminöser Fahrhanddecken. II. III. V.) Bundesminister Verkehr, Abteil. Strassenbau, All. — 3 vol., II — Enrobés de goudron et de bitume (Teer-und Asphaltmakadam), (1956), TV bit 2/56 : Makadam 60 p., 7 fig., réf. bibl. — III. — Béton asphaltique et mortier d'asphalte — application à chaud — (Asphaltbeton, 58 p., 6 fig., réf. bibl. — V — Béton bitumeux et goudronneux applicable à froid (Kalteinbaufähiger Asphalt-und Teerbeton), (1957), TV bit 5/57 : Asphalt-und Teerbeton Kalteinbau, 31 p., 5 fig., réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2411 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 51654, 51655, 51656.

CDU 625.8.06/7 : 668 : 691.16 : 35.

136-129. L'autoroute Esterel-Côte d'Azur. I. Exposé technique. — II. Financement et rentabilité. (Journées techniques de la route, Saint-Raphael, 12-13 novembre 1957). DUFOUR, GORET; *Rev. gén. Routes Aérodr.*, Fr. (mars 1958), n° 314, p. 77-80, 83-90, 93-100, 105-110, 34 fig. — Exposé technique sur les problèmes posés par la construction de cette autoroute à péage de 50 km de long. Programme des études et des travaux : acquisition de terrains, terrassement, ouvrages d'art, chaussées. Étude des problèmes de financement et de rentabilité. — E. 52336.

CDU 625.711.3 : 625.7/8.

137-129. Routes économiques. T. I. — Estradas economicas. MENDES (M. J. F.); *Labor. Ensaios Mater. Mecan. Solo Moçambique* (1957), Publ. n° 37, 1 vol., 278 p., 5 fig., 18 fig. h.-t., 125 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2418 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52469.

CDU 625.711.2 : 69.003 (03).

138-129. Garages publics pour le parquage des véhicules (Public parking garages). MANZONI (H. J.); *J. R. I. B. A.*, G.-B. (mars 1958), vol. 65, n° 5, p. 147-159, 10 fig. — Étude des divers types de garages souterrains, et à étages multiples. Problèmes de ventilation, de chauffage, de protection contre l'incendie. Comparaison entre divers types de garages construits en Grande-Bretagne, en Amérique, en Allemagne. Description de réalisations de garages avec rampes ou de garages à ascenseur. — E. 52189.

CDU 725.38 : 69 : 624.19.

139-129. La valeur mesurée de l'adhérence, élément caractéristique de la rugosité des revêtements routiers (Kraftschlussbeiwerte als Kennzeichen der Strassengriffigkeit). CROCE (K.), SCHMITZ (H.); *V. D. I.*, All. (1<sup>er</sup> mars 1958), vol. 100 n° 7, p. 280-285, 7 fig., 16 réf. bibl. — E. 52109.

CDU 620.193 : 625.8.

140-129. L'aménagement des grandes artères et des carrefours importants de l'agglomération bruxelloise. SACCARYN (A.); *Ann. I. T. B. T. P.* Fr. (mars-avr. 1958) n° 123-124 (Travaux publics : 48), p. 439-452, fig. — L'accroissement de la population bruxelloise, la proximité de l'Exposition internationale de 1958 et les perspectives d'installation dans la capitale de certains organismes internationaux ont fait entreprendre dès 1954 une étude de l'amélioration des conditions de circulation. La solution adoptée en 1955 a été la modernisation et le développement du réseau existant, sans les expropriations et dépenses excessives qu'aurait exigées la création d'autoroutes urbaines. En 1956 et 1957 on a modernisé les voies de pénétration et les artères concentriques (petite ceinture, grande ceinture et ring), tout en maintenant et améliorant le service des tramways. — L'aménagement des boulevards de la petite ceinture comporte quatre passages inférieurs à quatre bandes de circulation. Un tunnel à quatre bandes de circulation a été construit sous une artère radiale étroite. — La grande ceinture a également été modernisée sur une grande partie de son parcours. — Enfin le ring de Bruxelles sera réalisé par l'amélioration des voiries existantes et la construction de nouvelles chaussées présentant les caractères d'une autoroute. — Les voies d'accès à l'Exposition, ainsi que de vastes parkings ont été aménagés en fonction des importants trafics qui sont attendus en 1958. — E. 52491.

CDU 625.712 : 624.19.

## Fid 1 Ouvrages pour navigation.

141-129. Le comportement des canaux et rivières en régime (Regime behaviour of canals and rivers). BLENCH (T.) Edit. : *Butterworths Sci. Publ.*, G.-B. (1957), 1 vol. xii + 138 p., 12 fig., 7 pl. h.-t. 72 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2404 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 52173.

CDU. 626.1 : 627.1 : 532.5 (03).

142-129. Possibilités et limites de l'emploi de l'asphalte pour la réalisation des ouvrages de protection des rives et des côtes (Möglichkeiten und Grenzen in der konstruktiven Anwendung von Asphaltbauweisen bei Küstenschutzwerken). *Mitteil. Hannoverschen Versuchsanstalt Grundbau Wasserbau — Franzius-Inst. Tech. Hochschule Hannover*. All. (1957), Heft 12, 1 vol., 344 p. + lxxii p., nombr. fig., nombr. fig. h.-t., 622 réf. bibl. —



Voir analyse détaillée B. 2413 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 51983.

CDU 691.16 : 626/7/8 (03).

143-129. Le môle de Moturoa dans le port de Taranaki (Nouvelle Zélande) (Moturoa wharf port Taranaki). MORRISON (W. G.), BUTCHER (G. W.); *Engineering*, N. Zél. (15 fév. 1958), vol. 13, n° 2, p. 46-59, 14 fig. — Étude et réalisation de cet ouvrage d'une largeur de 24,3 m et d'une longueur de 335 m. — Raisons ayant déterminé le choix d'une construction entièrement en béton armé. Caractéristiques du projet. Procédés de construction employés. Fonçage des pieux. — E. 52635.

CDU 627.33/4 : 624.012.45 : 624.155.

## Fid p Voies aériennes

144-129. Enquête sur la construction des joints des revêtements de pistes d'aérodromes (Investigation of joint construction in airfield pavements). *Corps Engrs U.S. Army* (prepared by the Rigid Pavement Laboratory of the Ohio River Division Laboratories Mariemont, Ohio, for Office of the Chief of Engineers Airfields Branch Engineering Division military Construction), U. S. A. (nov. 1956), Tech. Rep. n° 2-6, viii + 62 p., 21 fig. — Texte d'un rapport exposant les résultats d'une enquête effectuée sur le comportement des joints de revêtements en béton réalisés par le Corps of Engineers des U. S. A. pour l'Armée de l'Air américaine dans la période comprise entre 1951 et 1955. — Réponses faites au questionnaire d'enquête par les services intéressés. Recommandations pratiques pour la réalisation des joints. — E. 52196.

CDU 693.5.012.43 : 625.84 : 629.139.1.

## Fif OUVRAGES D'ART

### Fif j Souterrains.

145-129. Difficultés de réalisation de batardeaux pour la construction du « Harvey Tunnel » (Nouvelle-Orléans) (Cofferdam problems plague Harvey Tunnel construction). SLOAN (C. L.); *Civ. Engng*, U. S. A. (déc. 1957), vol. 27, n° 12, p. 64-67, 4 fig. — Solutions adoptées pour la construction de ce tunnel routier sous le canal Harvey. — E. 52497.

CDU 624.194 : 624.157.1.

### Fifm Ponts.

146-129. Deux ponts en béton précontraint enjambant les voies d'accès à la gare principale de la S. N. C. F. à Lille. Pont de Sainte-Agnès et pont de Fives. I. II. III. (fin). KERN (W.); *Construction*, Fr. (jan. 1958), t. 13, n° 1, p. 1-11, 17 fig.; (fév. 1958), n° 2, p. 47-57,

26 fig.; (mars 1958), n° 3, p. 83-95, 21 fig. — Les deux tabliers de ces ouvrages se composent de poutres en double té préfabriquées, précontraintes suivant le procédé Freyssinet dans le sens longitudinal et transversal. Dans le sens longitudinal le groupe des trois travées centrales des deux groupes a été exécuté en trois tronçons, constituant deux poutres cantilever extrêmes et une poutre centrale, reliées, après mise en place, par précontrainte, pour réaliser « in fine » une poutre continue sous les surcharges permanentes et roulantes. Description des travaux de construction du pont de Sainte-Agnès d'une longueur totale de 120 m, avec deux travées d'approche de 16 m et trois travées continues de 23, 35 et 28 m de portée. — Calcul des palées intermédiaires du pont de Sainte-Agnès. Étude des travaux de construction de ces ponts et des difficultés qu'ils présentaient. — Description du pont supérieur de Fives à trois travées continues de 17, 30 et 20 m de longueur. Considérations sur les calculs : 1° calcul transversal par la méthode de Guyon et Massonnet; 2° calcul longitudinal du tablier. — E. 51828, 52151, 52539.

CDU 624.27.012.46.

146-129. Ponts-rail de type semi-continu avec tablier métallique préfabriqué (Half-through type railway bridges with prefabricated steel floors). *Civ. Engng*, G.-B. (mars 1958), vol. 53, n° 621, p. 278-280, 8 fig. — Étude d'un nouveau type de pont à poutres pleines soudées, et tablier préfabriqué de construction mixte, adopté par la Western Region des Chemins de fer britanniques. Ce type de pont est prévu pour des portées comprises entre 8 et 30,4 m. — E. 52291.

CDU 624.27.014.25 : 624.21.025 : 69.002.2 : 625.1.

146-129. Concours pour l'établissement d'un projet de viaduc pour route surélevée (Wettbewerb für den Entwurf einer Talbrücke als Hochstrasse). LÄMMLIN (A.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (mars 1958), n° 3, p. 49-56, 27 fig. — Étude de huit projets de ponts-poutres en béton précontraint présentés pour la réalisation de la route principale surélevée, à tracé courbe, en bordure de la ville de Baden-Baden. — E. 52297.

CDU 624.21.01 : 624.27.012.46 : 625.7.

146-129. Pont en béton précontraint à Ceylan (Prestressed bridge in Ceylon). BEST (K. H.); *Concr. Constr. Engng*, G.-B. (fév. 1958), vol. 53, n° 2, p. 99-107, 18 fig. — Aperçu sur l'évolution de la technique de construction des ponts et le développement de la précontrainte. — Pont de Weragantota à six travées de 39,5 m avec poutres préfabriquées et précontraintes selon procédé Freyssinet. Dans la vallée de Gal Oya, construction de plusieurs ouvrages avec poutres préfabriquées précon-

traintes selon le procédé Lee McCall. — Pont de Nanu Oya à tablier constitué par une dalle en béton armé coulée sur poutres précontraintes. — E. 51806.

CDU 624.27.012.46/5 : 69.002.2.

## Fo INCIDENCES EXTÉRIEURES

### Foc Entretien. Réparations. Comportement des ouvrages Déplacement des ouvrages.

147-129. Déplacement de maisons à Copenhague (Flytning af bygninger på Roskildevej). JENSEN (K. V.); *Dansk Vejtidsskrift*, Danm. (fév. 1958), n° 2, p. 21-28, 7 fig. — Des rectifications de rues ont nécessité le déplacement de cinq immeubles (à un et à deux étages) sur 6 à 9 m de distance. Détails des opérations effectuées sur chemins de roulement et rouleaux. — E. 51809.

CDU 69.059.5 : 728.2.011.262.

148-129. Déplacement de grands hangars d'aviation (Huge hangar moves over to start new life). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (6 mars 1958), vol. 160, n° 10, p. 62-64, 4 fig. — Étude du déplacement sur une longueur de 1 200 m d'un hangar de l'Armée de l'Air américaine de 65 m de longueur et 49,3 m de largeur, flanqué de deux appentis et comportant en outre une tour de contrôle. — E. 52288.

CDU 69.059.5 : 725.39.

### Fod Modifications. Démolitions. Désordres. Renforcement.

149-129. La détérioration des tuyaux d'adduction de l'aqueduc de Sienne (Italie) (Il deperimento delle tubazioni della condotta adduttrice dell'acquedotto di Siena). DI RICCO (G.), BACCESCHI (A.); *G. Genio civ.*, Ital. (jan. 1958), n° 1, p. 3-9, 4 fig., 5 réf. bibl. — Présentation d'une statistique des ruptures de tuyaux métalliques survenues dans la période comprise entre 1916 et 1956. — Causes probables des avaries et mesures pour éviter leur répétition sur les nouveaux tuyaux, qui remplacent progressivement les anciens. — E. 52330.

CDU 69.059.2 : 628.14 : 624.014.2 : 519.2.

150-129. La consolidation de la Tour penchée de Pise (Il consolidamento del Campanile pendente di Pisa). DONATO (L. F.); *Atti Inst. Sci. Costr. Univers. Pisa*, Ital. (1957), publ. n° 58, 12 p., 2 fig. — (Tiré de *Realta nuova*, n° 10, 1957). — Conférence faite au Rotary Club de Pise. Progression de l'inclinaison du campanile. Risque de destruction. Brève étude d'un projet des travaux de consolidation de l'édifice. — E. 52186.

CDU 69.059.32 : 624.97 (45).

## II. — TRADUCTIONS

### D'ARTICLES TECHNIQUES, EFFECTUÉES PAR L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

Des reproductions de ces traductions peuvent être fournies aux adhérents de l'Institut Technique.

497. Méthode provisoire pour la détermination du seuil de destruction des matériaux bitumineux soumis aux essais de tenue aux intempéries, accélérés et en plein air (Tentative method of test for determination of failure endpoint in both accelerated and outdoor weathering of bituminous materials). A.S.T.M., U.S.A. (24 juil. 1956), Designation A.S.T.M. D. 529, 12 p., 6 fig. — Document établi par le « Socony-Vacuum Laboratories Technical Service Department » (L. A. H. BAUM et A. E. TRAYER), conformément à la méthode provisoire recommandée par l'A. S. T. M. et soumis à la Commission D. 8 de l'A. S. T. M., lors de son assemblée annuelle de juin 1956. — Présentation d'un procédé permettant de déter-

miner les conditions de fissuration d'un échantillon de produit bitumineux, en le soumettant à des décharges électriques, après l'avoir disposé sur un support conducteur. L'équipement comprend un appareil générateur d'étincelles, un appareil de mesure de l'intensité de l'étincelle et un équipement photographique. Calibrage de l'appareil générateur d'étincelles, détection des fissures dans le film exposé. — E. 52203.

12 p.

498. Détermination du noyau central d'un quadrilatère (Die Ermittlung des Kerns einer beliebigen Vierecksfläche). BARTA (J.); *Acta Tech.*, Hongr. (1957), t. 18, nos 3-4, p. 393-398, 7 fig., 2 réf. bibl. — Présentation d'une

méthode applicable à un quadrilatère quelconque et n'utilisant ni les moments d'inertie, ni l'antipolarité. — E. 52646.

5 p.

501. Sur l'hydratation des aluminates de calcium faiblement basiques en présence de pouzzolane (Sull'idratazione degli aluminati di calcio meno basici in presenza di pozzolana). GORIA (C.), CUSSINO (L.); *Cemento*, Ital. (nov. 1957), n° 11, p. 17-21, 7 fig., 9 réf. bibl. — Exposé des recherches effectuées au moyen de l'analyse chimique, de l'analyse thermique différentielle et de mesures calorimétriques pour déterminer l'effet de l'addition de pouzzolane sur les caractéristiques de résistance d'un ciment alumineux. — E. 52379.

8 p.



## III. — BIBLIOGRAPHIE

Chaque analyse bibliographique donnant le nom et l'adresse de l'éditeur et le prix de vente, les adhérents de l'Institut Technique sont priés de s'adresser directement aux éditeurs ou aux librairies pour se procurer les ouvrages qu'ils désirent acquérir, toutefois pour les ouvrages édités à l'étranger, il est préférable de les commander par l'intermédiaire de librairies spécialisées dans l'importation. Tous renseignements complémentaires seront fournis sur demande par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6, rue Paul-Valéry, Paris XVI<sup>e</sup>.

B-2392. Aide-Mémoire Dunod. Bâtiment. T. I. — MONDIN (Ch.); Edit. : *Dunod*, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1958), 68<sup>e</sup> éditn, 1 vol. (10 × 15 cm), xviii + 282 + lxiv p., nombr. fig., F 480. — Aide-mémoire à l'usage des ingénieurs, architectes, entrepreneurs, conducteurs, agents voyers, métreurs et commis de travaux. — Cette nouvelle édition tient compte de l'évolution récente dans les techniques du bâtiment. Une place importante y est consacrée à la préfabrication. — L'emploi croissant des matières plastiques, l'utilisation des alliages légers, les progrès acquis dans l'étanchéité et la réalisation des toitures-terrasses ont conduit également à refondre certains chapitres. — Organisation des chantiers, travaux de terrassement et équipement utilisé pour ces travaux. Étude des fondations. Gros-œuvre : murs, cloisons, planchers, dallages; jointoiements, enduits, canalisations d'évacuation; isolement thermique, acoustique et antivibratoire; normalisation, industrialisation et préfabrication. Charpente en bois, charpente métallique. Menuiserie. Escaliers. Serrurerie et quincaillerie du bâtiment. Couverture. — E. 51905.

B-2393. Cours élémentaire de routes. — DUBET (G.); Edit. : *Eyrolles*, 61, Bd. Saint-Germain, Paris, Fr. (1957), 2<sup>e</sup> éditn, 1 vol. (16 × 25 cm), 200 p., 143 fig., F 1200. — Dans la deuxième édition de cet ouvrage qui, s'adressant plus spécialement au personnel d'exécution, expose les connaissances fondamentales nécessaires pour aborder sous une forme simple les problèmes routiers, l'auteur a tenu compte des progrès récents de la technique routière, qui, sans abandonner les procédés classiques, recourt maintenant à des méthodes évoluées (chaussée à éléments fins, diverses formules de matériaux enrobés). — Les questions relatives à l'identification et à la portance des sols, au compactage et à la stabilisation, à la sélection des matériaux pour la constitution de chaussées à éléments fins sont traitées largement, sans appareil mathématique. — La description des matériels classiques et modernes est accompagnée de nombreuses figures; les indications relatives aux procédés d'aménagement, et d'entretien des chaussées sont présentées sous une forme très concrète. — E. 51970.

B-2394. Évolution des conditions de logement en France depuis cent ans. — *Institut national de la Statistique et des Études économiques (Ministère des Finances et des Affaires économiques)*, 29, Quai Branly, Paris, Fr. — *Études et Conjoncture*, Fr. (oct.-nov. 1957), n° 10-11, 1 vol. (21 × 26,5 cm), 395 p., nombr. fig. — Edit. : *Presses Universitaires de France*, 108, Bd. Saint-Germain, Paris, Fr. — Évolution de la population logée en France, déplacement en un siècle de la population vers les grandes villes. — Évolution de la capacité de logement en France. Répartition de la population dans les habitations. — Le confort de l'habitation. — En annexe, évolution des conditions de logement dans chaque ville de plus de 50 000 habitants en 1954. — E. 52570-A.

B-2395. Annuaire hydrologique de la France. Année 1956. — *Société hydrotechnique de France*, 199, rue de Grenelle, Paris, Fr. 1 vol. (18 × 27 cm), 252 p., nombr. fig., F 2 500. —

L'annuaire comporte six cartes en couleurs portant l'emplacement des stations de jaugeage, six graphiques indiquant les coefficients de remplissage des principaux réservoirs, une étude sur la station de Luz Saint-Sauveur, des indications sur les sept stations nouvelles introduites dans l'annuaire, un exposé synthétique sur les caractéristiques hydrologiques de l'année 1956, des indications sur les débits moyens mensuels de 230 stations de jaugeage, une présentation complète de 77 stations, la liste des stations de jaugeage existant en France au 1<sup>er</sup> janvier 1957 (716 stations), le relevé des températures mensuelles extrêmes et moyennes en 12 postes, les totaux mensuels et annuels des précipitations observées pour quatre postes. — E. 52504.

B-2396. Appointements et salaires en vigueur dans le bâtiment et les travaux publics du 1<sup>er</sup> novembre 1956 au 15 janvier 1958 — Textes fondamentaux. Grilles de salaires. Classement des localités. — Edit. : *Le Moniteur des Travaux publics et du Bâtiment*, 32, rue Le Peletier, Paris, Fr. (fév. 1958), numéro hors série formant supplément « Taux et Indices des Salaires », n° 428bis, (24 × 31 cm), 120 p., F 950. — L'ouvrage est divisé en cinq chapitres. Le chapitre 1<sup>er</sup> groupe les conventions ou accords signés à l'échelon national depuis 1954. — Le chapitre II est consacré aux appointements et salaires en vigueur dans chaque département au 1<sup>er</sup> nov. 1956 et au 15 jan. 1958, ainsi qu'à leurs variations entre ces deux dates. Le chapitre III comporte différents textes signés entre employeurs et personnels des cabinets d'architectes. — Le chapitre IV traite de l'évolution du S. M. I. G. (Salaire minimum interprofessionnel garanti), depuis sa création. — Le chapitre V donne les valeurs des différents « indices salaires » utilisés dans les formules de révision des prix. — E. 52407.

B-2397. Nuances « standards » de pigments SP-57 pour peintures grasses-bâtiment. — *Fédération nationale des Fabricants de Peintures, Vernis et Encres d'Imprimerie*, 42, av. Marceau, Paris, Fr. — *Union nationale des Peintres-Vitriers de France (U. N. P. V. F.)*, 3, rue de Lutèce, Paris. — *Chambre syndicale des Fabricants de Pigments*, 19, rue de Milan, Paris. — (1957), 1 vol. (22 × 14 cm), 25 p. de cartes de nuances. — En raison des difficultés rencontrées pour assurer le réassortiment des pigments entrant en fabrication ou nécessaires aux travaux des peintres, il était devenu indispensable d'établir une carte de nuances correspondant à la palette normale du peintre en bâtiment. C'est dans ce but qu'ont été sélectionnées 21 nuances d'un emploi répandu, accompagnées de leurs dégradés qui font l'objet du présent album. En se référant à cet album, l'utilisateur sera en mesure de se procurer des nuances de pigments suivies, quels que soient le fournisseur et la date des achats. — E. 52354.

B-2398. Dictionnaires techniques illustrés en six langues (français, anglais, allemand, espagnol, italien, néerlandais). Chapitre I — La mer. — Chapitre XII — Signalisation maritime. — *Association internationale permanente des Congrès de Navigation*, 60, rue Juste Lipse, Bruxelles, Belg., 2 vol. (27 × 20,5 cm), chap. I (1957), 272 p., 13 fig., Fb. 250. — Chap. XII (1937), 132 p., 13 pl. h.-t., Fb., 400.

— Dictionnaires établis avec la collaboration de plusieurs experts de divers pays. — **Chap. I** — Eau de mer, état de la mer, les marées, lames, les courants, vents, météorologie, cartes marines, sondages. — **Chap. XII** — Procédés et conventions de signalisation. — E. 52204-A. — 52205-A.

B-2399. Supplément 1957 au Recueil des normes A. S. T. M., y compris les projets de normes. I. — Métaux ferreux (1957 Supplement to Book of ASTM Standards, including tentatives I. — Ferrous metals). — Edit. : *American Society for Testing Materials*, 1916 Race St., Philadelphie 3, Pa., U. S. A. (1957), 1 vol. (15 × 23 cm), xvi + 507 p., nombr. fig. — Tuyaux en acier, tôles, barres, rivets, essieux, roues et bandages de véhicules de chemins de fer, acier à ressorts, fers d'armature pour béton, acier moulé, produits en aciers traités, fer forgé, fonte, ferro-alliages; méthodes générales d'essais. — E. 52404-A.

B. 2400. Supplément 1957 au Recueil des normes ASTM, y compris les projets de normes. IV — Peintures; vernis; cellulose; encaustique; bois et produits pour la protection des bois; panneaux sandwich; méthodes générales d'essais; thermomètres. — (1957 Supplement to Book of ASTM Standards, including tentatives. IV — Paint, naval stores, cellulose, wax polishes, wood, acoustical materials, sandwich and building constructions, fire tests). — *American Society for Testing Materials*, 1916 Race St., Philadelphie 3, Pa., U. S. A. (1958), 1 vol. (15 × 22,5 cm), xii + 211 p., nombr. fig. — E. 52405-A.

B-2401. Notions élémentaires sur la distribution de l'eau de consommation et sur le traitement des eaux usées (Elements of water supply and waste-water disposal). FAIR (G. M.), GEYER (J. Ch.); Edit. : *John Wiley and Sons, Inc.*, 440 Fourth Avenue, New York 16, N. Y., U. S. A. (1958), 1 vol. (15 × 23,5 cm), vii + 615 p., nombr. fig., \$ 8,95 — L'ouvrage constitue un cours destiné aux élèves des écoles d'ingénieurs. Il expose les principes scientifiques de base et les techniques modernes de la distribution de l'eau et du traitement des eaux usées. — Notions d'hydrologie. Captage des eaux de surface et des eaux souterraines. Distribution de l'eau. Canalisations pour la collecte des eaux usées; écoulement dans les égouts. Épuration de l'eau destinée à la consommation, et traitement des eaux usées; sédimentation, flottation, traitement chimique, filtration, traitement biologique. Traitement des boues d'égout. Destruction des plantes aquatiques, suppression des goûts et des odeurs. Problèmes et exercices pratiques, tables. — Bibliographie. — E. 52032.

B-2402. Le conditionnement de l'air (Air conditioning). WOOLRICH (W. R., et jr) Edit. : *Ronald Press Company*, 15 East 26th Street, New-York 10, N. Y., U. S. A. (1957), 1 vol. (16 × 23,5 cm), vi + 384 p., nombr. fig., \$ 7,50. — L'ouvrage constitue un cours destiné aux élèves des grandes écoles, mais rendra de grands services également aux ingénieurs et aux architectes. — D'une façon générale, les textes publiés jusqu'à présent sur le conditionnement de l'air traitaient principalement des problèmes du chauffage des maisons d'habitation et des bâtiments industriels et



plus brièvement des problèmes du refroidissement posés par la vie sous les climats tropicaux humides ou secs. Les auteurs se sont efforcés en particulier de remédier à cet état de choses en faisant une place importante, dans le cadre d'un traité général de chauffage et conditionnement, à la technique du refroidissement. — Notions générales sur la thermodynamique des gaz, vapeurs, et mélanges gaz-vapeurs. L'abaque psychrométrique. Considérations physiologiques sur la notion de confort. La transmission de la chaleur. Calcul des besoins de chaleur en hiver et de refroidissement par rayonnement. Refroidissement à expansion directe. Compresseurs de refroidissement. Systèmes utilisant la glace, systèmes de conditionnement de l'air fonctionnant pendant l'année entière. Étude des installations de distribution, canalisations, appareils de commande et de contrôle, filtres. — E. 52148.

B-2403. La pollution de l'air (Air pollution). THIRING (M. W.); Édité : *Butterworths Scientific Publications (The Scientific Review Department)*, 4, 5, Bell Yard, Londres W. C. 2, G.-B. (1957), 1 vol. (14,5 × 22 cm), x + 248 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl., 44 s. — L'ouvrage reproduit le texte des exposés présentés par des spécialistes à l'occasion du cours sur la pollution atmosphérique organisé en septembre 1956 à l'Université de Sheffield. — Définition de la pollution de l'air urbain, caractéristiques des produits solides ou gazeux entraînant la pollution atmosphérique, appareils utilisés pour mesurer la pollution de l'air. — Influence de la pollution atmosphérique sur la santé et la végétation, effets sur les bâtiments. — Moyens de lutte contre la pollution atmosphérique provoquée par les installations de chauffage domestique, les gaz d'échappement des véhicules, les chaudières industrielles, les poussières et les gaz des diverses industries (métallurgie, produits réfractaires, ciment). — Textes législatifs en vigueur en Grande-Bretagne. — E. 52172.

B-2404. Le comportement des canaux et rivières en régime (Regime behaviour of canals and rivers). BLENCHE (T.); Édité : *Butterworths Scientific Publications (The Scientific Review Department)*, 4, 5, Bell Yard, Londres W. C. 2, G.-B. (1957), 1 vol. (14,5 × 22,5 cm), xii + 138 p., 12 fig., 7 pl.h.-t., 72 réf. bibl., 31 s. — L'objet de l'ouvrage est la détermination de la section et de la pente des canaux en terre en fonction du débit, du terrain et du transport solide, afin d'assurer leur stabilité au cours des années, et d'éviter l'érosion et l'ensablement. Historique de la construction des canaux. Exemple des canaux d'irrigation du Pundjab (Inde). Théorie des canaux. Application de formules empiriques aux canaux dont le transport solide de fond est faible. Extension des formules aux cours d'eau à gros transport de fond. Justification hydrodynamique de ces formules. Étude des méandres. Application de la théorie à la correction des rivières. Conditions de similitude des modèles réduits à transport solide. — E. 52173.

B-2405. Les installations d'évacuation des eaux usées dans les maisons d'habitation : étude hydraulique et fonctionnement (Drainage pipe-work in dwellings : hydraulic design and performance). WISE (A. F. E.); B. R. S. (Department of scientific and industrial research) H. M. S. O., York House, Kingsway, Londres W. C. 2, G.-B. (1957), 1 vol. (16 × 24,5 cm), xi + 76 p., 50 fig., 25 réf. bibl. — 10s. 6d. — Synthèse des travaux récents effectués au Laboratoire de Recherches du Bâtiment de Grande-Bretagne en vue de l'établissement de méthodes nouvelles et plus économiques de réalisation des installations. Ouvrage à l'usage du technicien chargé de l'étude des installations. — Historique. Installations pour les habitations individuelles, pour les groupes de maisons, et

les habitations collectives. Prix de revient. Bases de calcul et essais d'installation. — L'hydraulique des tuyaux de descente, des branchements, et réseaux d'évacuation. — E. 52543.

B-2406. Agenda du béton 1958. — Guide pour la construction en béton ordinaire et en béton armé ainsi que pour les domaines connexes I. — II. (Beton-Kalender 1958. — Taschenbuch für Beton- und Stahlbetonbau sowie die verwandten Fächer). Édité : *Wilhelm Ernst Sohn*, 169 Hohenzollerndamm, Berlin-Wilmersdorf, All. (1958), 2 vol. (10 × 15 cm), I — xii + 928 p. + xiv p., 1428 fig. — II — vii + 531 p. + 53 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — DM. 19. 20. — I — Tables mathématiques, notions de géométrie, tables des caractéristiques des aciers du commerce. — Le béton et ses constituants. Mortiers. Éléments de résistance des matériaux; tables pour les plaques rectangulaires soumises à une charge uniformément répartie. Statique des constructions. Dimensionnement des éléments en béton armé et des éléments en béton précontraint. — Règlements allemands concernant les hypothèses de charge, le sol de fondation, la construction en béton et en béton armé, les matériaux utilisés (liants, agrégats, armatures), la maçonnerie, la construction en bois, la construction métallique, la construction mixte. — II — Étude du voile mince élastique : voile cylindrique; réservoir cylindrique sollicité par des contraintes symétriques par rapport à l'axe; voiles cylindrique résistant à la flexion; voiles de révolution; théorie de la membrane. Étude des ponts en béton armé; exemples de réalisations. Ponts-canaux. Planchers massifs. Éléments préfabriqués en béton ou en béton armé. Description des différents types de fondations. — Canalisations et conduites en béton et en béton armé. Exécution des travaux, organisation des chantiers, confection du béton. Technique de construction des routes. Les murs dans le bâtiment. — E. 52120, 52121.

B-2407. Les blondins (Kabelkrane). BARAT (J.), PLAWINSKI (W. I.); Édité : *VEB Verlag Technik*, Unter den Linden 12, Berlin W 8, All. (1956), 1 vol. (17,5 × 24 cm), 351 p., 358 fig., 34 réf. bibl., DM. 24. — Des progrès importants ont été réalisés au cours des dernières années dans la conception et la construction des blondins. — Toutefois, la littérature technique ne comportant que des renseignements insuffisants à ce sujet, le présent ouvrage a été rédigé pour combler cette lacune. — Les auteurs y donnent une description des types de blondins qu'on rencontre le plus fréquemment sur les chantiers. Une place importante est consacrée à l'étude des câbles, des pylônes, à l'équipement mécanique et électrique, aux fondations et aux chemins de roulement. Le calcul des éléments les plus importants est explicité à l'aide de nombreux exemples, et des indications pratiques sont fournies en ce qui concerne le montage, l'entretien et l'exploitation des installations. — E. 51950.

B-2408. Directives pour la surveillance des travaux dans la construction en béton et en béton armé (Leitsätze für die Bauüberwachung im Beton- und Stahlbetonbau). NAKONZ (W.); Édité : *Deutscher Beton-Verein E. V.*, Bahnhofstrasse 61, Wiesbaden, All. (1957), 10<sup>e</sup> édit., 1 vol. (14,5 × 21 cm), 156 p., 110 fig., DM. 4. — Le présent ouvrage a été édité pour la première fois en 1927. — Il s'adresse plus particulièrement aux chefs de chantier, conducteurs de travaux, contremaîtres, qui y trouveront les indications pratiques nécessaires à la surveillance des travaux. — Caractéristiques des ciments, entreposage, nature des contrôles. Étude des agrégats, composition granulométrique, essais sur chantier. Eau de gâchage. Aciers d'armature. Notions sur les produits d'addition. — Directives pour la préparation et la mise en œuvre du béton. Pose des arma-

tures. Contrôle du béton sur chantier. Coffrages et échafaudages. — E. 52058.

B-2409. Les toitures. (Types de construction et matériaux). — (Dächer. — Bauarten. Baustoffe. Bauformen). KOLLINGER (R. M.); Édité : *Konradin - Verlag Robert Kohlhammer GmbH*, Danneckerstrasse 52, Stuttgart S, All. (1957), 1 vol. (21 × 30 cm), 278 p., nombr. fig., 13 réf. bibl., DM. 46. — L'auteur présente son ouvrage non pas comme un cours, mais comme une source de renseignements et un outil de travail pour les nombreux bureaux d'architectes ou d'entrepreneurs de moyenne importance qui ne peuvent disposer de l'ensemble de la littérature spécialisée. — Cet ouvrage est destiné à leur faciliter le choix des types de construction, et des matériaux par des comparaisons présentées d'une façon claire, et accompagnées de nombreux tableaux et dessins. — Toitures à pente prononcée en bois, en acier, en béton. Toitures à faible pente en bois, en acier, en béton. — Étude des charpentes et des matériaux de couverture, résistance, usure, isolation. — E. 52174.

B-2410. Dispositions techniques réglementaires relatives à la construction (Technische Baubestimmungen) GOTTSCH-HASENJÄGER : Édité : *Verlagsgesellschaft Rudolf Müller*, Maarweg 130, Köln-Braunsfeld, All. (fév. 1958), 4<sup>e</sup> édit., 1 vol. (17,5 × 22 cm), 220 p., nombr. fig. — Suppléments et rectificatifs concernant les questions suivantes : adjuvants du béton; produits de terre cuite (briques) et autres matériaux de construction (isolants à base de fibres); fondations; emploi de l'acier dans le bâtiment; caractéristiques des aciers à béton, béton précontraint; procédés de précontrainte; marques de qualité; agrément des matériaux de construction et des procédés nouveaux, abris de défense passive. — E. 52208. -A.

B-2411. Prescriptions techniques et directives pour la réalisation des revêtements routiers bitumineux. II — III — V — (Technische Vorschriften und Richtlinien für den Bau bituminöser Fahrbahndecken. II — III — V). — *Der Bundesminister für Verkehr*, Abteilung Strassenbau, All. — 3 vol. (15 × 12 cm) — Texte des dispositions réglementaires du Ministère fédéral allemand des Transports, Section de la construction des routes. — II — Enrobés de goudron et de bitume (Teer- und Asphaltmakadam) (1956), TV bit 2/56 : Makadam, 60 p. 7 fig., réf. bibl. — Dispositions pour l'établissement des revêtements en graviers enrobés de goudron et de bitume. — Sous-sol et fondation; épaisseur et composition des couches du revêtement; caractéristiques des matériaux utilisés; leur mise en œuvre. Transport, mise en place et compactage des mélanges. Contrôle et essais. — III — Béton asphaltique et mortier d'asphalte (application à chaud) — (Asphaltbeton und Sandasphalt — Heisseinbau —), (1956), TV bit 3/56 : Asphaltbeton, 58 p., 6 fig., réf. bibl. — Sous-sol et fondation; épaisseur des couches du revêtement; caractéristiques des matériaux utilisés; composition des mélanges; mise en place et compactage des mélanges. Mesure de contrôle. Étude des différents modes d'utilisation. — V — Béton bitumineux et goudronneux applicable à froid (Kaltteinbaufähiger Asphalt- und Teerbeton), (1957), TV bit 5/57 : Asphalt- und Teerbeton Kaltteinbau, 31 p., 5 fig., réf. bibl. — Définitions, domaine d'application du procédé. Caractéristiques des matériaux utilisés; composition des mélanges. Contrôles et essais. — E. 51654, 51655, 51656.

B-2412. Théorie de la stabilité des constructions et commentaires de la norme allemande DIN 4114 — I. — (Stabilitätstheorie, mit Erläuterungen zu DIN 4114). BÜRGERMEISTER (G.), STEUP (H.); Édité : *Akademie-Verlag GmbH*, Mohrenstrasse 39, Berlin, W. 8, All. (1957), 1 vol. (17,5 × 24,5 cm), xii + 407 p., 316 fig.,



DM 35.50 — Dans le cadre de la théorie générale des déformations, l'ouvrage traite des problèmes de la stabilité des structures dont l'importance est reconnue dans toutes les branches de la construction. — Les exposés théoriques sont suivis d'exemples traités qui facilitent l'application de la théorie. Les auteurs étudient la résolution des problèmes de la stabilité par la méthode de l'équilibre et par la méthode énergétique, et examinent les différents procédés d'approximation pour le calcul de la charge critique. Ils développent également la théorie de la torsion par voilement, en liaison avec les phénomènes de flambement par torsion due à la flexion et les phénomènes de déversement. — Une autre partie est consacrée aux problèmes de stabilité des treillis et des constructions à parois minces. Elle donne également un aperçu sur les questions fondamentales qui font l'objet de la norme DIN 4114 (flambement, déversement, voilement). — E. 52289.

B-2413. Possibilités et limites de l'emploi de l'asphalte pour la réalisation des ouvrages de protection des rives et des côtes (Möglichkeiten und Grenzen in der konstruktiven Anwendung von Asphaltbauweisen bei Küstenschutzwerken) *Mitteilungen der Hannoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau* — *Franzius-Institut der Technischen Hochschule Hannover*, All. (1957), Heft 12, 1 vol. (14,5 × 21 cm), 344 p. + lxxii p., nombr. fig., nombr. fig. h.-t., 622 réf. bibl. — L'ouvrage abondamment illustré, constitue une étude très documentée sur les résultats obtenus, plus particulièrement en Allemagne, dans les différents cas d'emploi de l'asphalte pour la réalisation d'ouvrages hydrauliques. — Il décrit les essais de laboratoire, expose les connaissances expérimentales acquises dans la pratique et tire la conclusion d'un ensemble de recherches poursuivies pendant de nombreuses années. — Étude générale du problème de la protection des rives, caractéristiques des ouvrages de protection; nécessité de l'emploi de l'asphalte dans la construction de ces ouvrages : détail des caractéristiques particulières de l'asphalte en tant que matériau de construction d'ouvrages hydrauliques, qualités de résistance de ce matériau aux divers agents de détérioration. Différents cas d'emploi de l'asphalte : protection des berges des voies d'eau, étanchéité des barrages et des réservoirs, construction des ouvrages de protection

des côtes, digues, jetées, môles, brise-lames. — E. 51983.

B-2414. Les laitiers de haut-fourneau dans la construction. Analyse et essais (Las escorias siderurgicas en la construcción. Analisis y ensayos). GARCIA de PAREDES GAIBROIS (P.); *Instituto Tecnico de la Construcción y del Cemento*, Apartado 19002, Madrid, Esp. (s. d.), 1 vol. (16,5 × 23 cm), 57 p., 11 fig., 33 réf. bibl. — *Manuelas y Norma del Instituto tecnico de la Construcción y del Cemento*, — Exposé des méthodes recommandées pour apprécier la qualité des laitiers. Méthodes thermiques, méthodes basées sur les résistances mécaniques, méthodes optiques. Examen aux rayons X. Essais techniques (structure et porosité). Essais des laitiers employés comme isolants thermiques ou acoustiques. Conditions d'utilisation comme agrégats des laitiers de haut-fourneau. Analyse chimique des laitiers. — E. 52264.

B-2415. Le chlorure de calcium dans la construction (El cloruro calcico en la construcción). CALLEJA (J.); *Instituto Tecnico de la Construcción y del Cemento*, Apartado 19002, Madrid, Esp. (s. d.), 1 vol. (16,5 × 23 cm), 102 p., 53 fig., réf. bibl. — *Manuelas y Normas del Instituto tecnico de la Construcción y del Cemento*. — Notions générales, présentation et propriétés du chlorure de calcium Solvay. Emploi du chlorure de calcium comme produit d'addition pour le béton frais; son action sur les principaux composants du ciment Portland, son influence sur la chaleur d'hydratation et sur l'ouvrabilité du béton. Le traitement après prise du béton dans les conditions ordinaires et avec addition de chlorure de calcium. — Applications du chlorure de calcium dans la technique routière; élimination de la poussière; consolidation des chaussées non revêtues. — En annexe : normes de spécification du chlorure de calcium; normes pour le traitement après prise du béton de ciment Portland; norme pour l'emploi du chlorure de calcium dans les travaux de stabilisation et de compactage. — E. 52263.

B-2416. Instruction spéciale pour les constructions en béton armé. — *Instruction H.A. 57 de l'I. T. C. C.* — I — Matériaux et exécution des constructions. (Instrucción especial para estructuras de hormigon armado. — *Instrucción H.A. 57 del I. T. C. C.* — I — Materiales — Ejecucion). PAEZ (A.); *Instituto Tecnico*

*de la Construcción y del Cemento*, Apartado 19002, Madrid, Esp. (s. d.), 1 vol. (17 × 23 cm), 283 p. — *Normas y Manuales del Instituto tecnico de la Construcción y del Cemento*. — Cette série comprendra deux parties. La seconde partie, qui est relative aux règles de calcul, est actuellement en cours d'élaboration et paraîtra ultérieurement. — I — Domaine d'application du Règlement. — Définitions, commentaires, recommandations, méthodes d'essais concernant les matériaux : ciment, eau de gâchage, agrégats, produits d'addition, aciers d'armature. Dosage, transport, mise en œuvre, confection des joints, traitement après prise, bétonnage par temps froid ou par temps chaud, contrôle de la qualité du béton pendant la construction. Pose des armatures, coffrages, protection contre les agents chimiques et les actions mécaniques. — Epreuves. — E. 52265.

B-2417. Le béton. Appréciation de la qualité et contrôle au moyen du scléromètre Schmidt (Concreto; Julgamento e inspeção pelo esclerometro de Schmidt). AZEVEDO CALDAS BRANCO (A. de); rua da Assembleia, 98, 4<sup>e</sup> Andar, Sala 46, Rio de Janeiro, Brésil (nov. 1956), 1 vol. (12 × 18 cm), Livro n° 13 Série Divulgação, 100 p., 24 fig., 1 pl. h.-t., 19 réf. bibl. — Brochure constituant un guide pratique. — Introduction consacrée aux essais non destructifs des matériaux. Description et conditions d'emploi du scléromètre Schmidt. — Tables de valeurs expérimentales obtenues avec cet appareil. Abaque d'emploi. — E. 52554.

B-2418. Routes économiques. T. I. — (Estradas economicas). MENDES (M. J. F.); *Laboratorio do Ensaio de Materiais e Mecanica de Solo de Moçambique*, Lourenço Marques, Mozambique (1957), 1 vol. (17 × 22 cm), Publ. n° 37, 278 p., 38 fig. h.-t., 125 réf. bibl. — (Tiré à part de : *Boletim da Sociedade de Estudos de Moçambique*, mai et août 1957, n°s 104-105). — La notion de « Route économique ». — Caractéristiques géométriques des routes économiques. Études et projets. Tracés. Le sol, matériau de construction des routes. Collaboration des Laboratoires de Mécanique des Sols aux travaux d'étude et de construction des routes. Cas particulier des latérites. Compactage des sols. Stabilisation des sols. Autres matériaux employés pour la construction et l'entretien des routes (agrégats, matériaux bitumineux, roches asphaltiques). — E. 52469.

(Reproduction interdite)